ТЕПЛОТА,

РАСМАТРИВАЕМАЯ КАКЪ РОДЪ ДВИЖЕНІЯ.

ДЖОНА ТИНДАЛЛЯ.



ТЕПЛОТА,

РАЗСМАТРИВАЕМАЯ КАКЪ РОДЪ ДВИЖЕНІЯ.

ДВѢНАДЦАТЬ ЛЕКЦІЙ

ДЖОНА ТИНДАЛЛЯ,

ПРОФЕССОРА ФИЗИКИ ВЪ ВЕЛИКОБРИТАНСКОМЪ КОРОЛЕВСКОМЪ ИНСТИТУТѢ.

ПЕРЕВОДЪ СЪ АНГЛІЙСКАГО

ПОДЪ РЕДАКЦІЕЮ И СЪ ПРИМѢЧАНІЯМИ

А. П. ШИМКОВА.

С. ПЕТЕРБУРГЪ

ИЗДАНІЕ ХАРЬКОВСКАГО КНИЖНАГО МАГАЗИНА Е. С. БАЛЛИНОЙ.

1864.

Одобрено цензурою. С. Петербургъ. Іюля 4 го дня 1864 г.

ТИПОГРАФІЯ П. А. КУЛИША.

ПРЕДИСЛОВІЕ АВТОРА.

Въ слѣдующихъ лекціяхъ я пытался сдѣлать начала новаго ученія о теплотѣ доступными для людей съ обыкновеннымъ развитіемъ и образованіемъ.

Первыя семь лекцій трактуютъ о *термометрической* (*или статической*) теплотѣ, объ образованіи и потребленіи ея на механическую работу; здѣсь опредѣленъ механическій эквивалентъ теплоты, выяснено понятіе о теплотѣ, разсматриваемой какъ молекулярное движеніе, и примѣнено къ твердому, жидкому и газообразному состояніямъ матеріи; здѣсь же говорится о расширеніи и горѣніи тѣлъ, объ удѣльной и скрытой теплотѣ и о теплопроводности.

Остальныя пять лекцій посвящены лучистой теплотѣ; здѣсь говорится о веществѣ, проникающемъ все мировое пространство, или объ эфирѣ, о распространеніи движенія въ эфирѣ, объ отношеніи лучистой теплоты къ различнымъ агрегатамъ обыкновенной, такъ называемой, вѣсомой матеріи, о земномъ, лунномъ и солнечномъ лучеиспусканіи, о строеніи солнца и о возможной причинѣ его свѣта и теплоты, наконецъ объ отношеніи свѣта и теплоты, испускаемыхъ солнцемъ, къ силамъ природы и къ жизни растеній и животныхъ на землѣ.

Я имѣлъ въ виду возвыситься до разсужденія объ этихъ предметахъ, начавши съ элементарныхъ понятій и свѣдѣній, такъ что человѣкъ, обладающій небольшой способностью къ обобщенію, могъ бы слѣдовать за мною.

Въ тѣхъ же случаяхъ, когда я находилъ нужнымъ пополнить свѣдѣнія читателей болѣе обстоятельными примѣчаніями или извлеченіями изъ оригинальныхъ мемуаровъ, я помѣщалъ это въ особенныхъ прибавленіяхъ.

Всѣмъ знакомымъ съ физикою хорошо извѣстны имена основателей новаго ученія. Опытнымъ путемъ его разрабатывали главнымъ образомъ Румфордъ, Деви, Фараде и Джаулъ Теоретическимъ же Клаузіусъ, Гельмгольцъ, Киршгофъ, Мейеръ, Ранкинъ, Томсонъ.

Къ сочиненіямъ этихъ ученыхъ должны обратиться тѣ, которые желаютъ поближе познакомиться съ предметомъ. Замѣчательны также по отношенію къ динамической теоріи теплоты труды Реньо и Сегена, а также Верде, который еще недавно издалъ двѣ лекціи объ этомъ предметѣ, замѣчательныя яснымъ изложеніемъ ученія. Къ этимъ же сочиненіямъ слѣдуетъ отнести всѣмъ извѣстный трудъ Грове (*).

Новое ученіе о теплотѣ не ограничивается одною теплотою, потому что теплота находится въ тѣсной связи со всѣми силами природы, такъ что, одолѣвши ее, мы справимся и съ остальными. Уже теперь можно различать, хотя не совсѣмъ ясно, громадные результаты, къ которымъ приведетъ насъ новое ученіе, результаты, о которыхъ врядъ ли думали великіе основатели его.

Въ своихъ лекціяхъ «О вліяніи исторіи наукъ на умственное развитіе» д-ръ Уеуелъ показалъ, что «всякій успѣхъ въ умственномъ развитіи былъ слѣдствіемъ какого-нибудь замѣчательнаго или ряда замѣчательныхъ открытій въ области наукъ.» Если такое совпаденіе открытій и успѣховъ постоянно имѣетъ мѣсто, то ученіе о связи и соотношеніи между силами органической и неорганической природы, которое возникло и будетъ развиваться при помощи изслѣдованій надъ различными явленіями теплоты и отношеніями ихъ къ другимъ явленіямъ, будетъ по всѣмъ вѣроятностямъ имѣть большое вліяніе на умственное развитіе будущихъ поколѣній.

Мы изучаемъ природу помощью чувствъ и помощью разсужденій. Мы наблюдаемъ явленіе и ищемъ закона, по которому оно совершается, или мы высказываемъ законъ и стараемся подтвердить его фактами. Во всѣхъ случаяхъ дѣйствуетъ умъ, об-

(*) Къ этому перечню считаю нужнымъ прибавить слѣдующія сочиненія: *Zeuner*. Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie. Переведена на русскій языкъ въ 1862 г.

Hirn. Exposition analytique et expérimentale de la théorie mecaninique de la chaleur. 1862. А. Ш.

ПРЕДИСЛОВІЕ ПЕРЕВОДЧИКА.

Многимъ, даже вовсе не занимающимся естественными науками, конечно, приходили въ голову различные вопросы относительно окружающихъ ихъ явленій. На нѣкоторые изъ этихъ вопросовъ они находятъ болѣе или менѣе удовлетворительные отвѣты въ книгахъ; большая же часть такихъ вопросовъ остается безъ отвѣта. Зависитъ это отчасти отъ несовершенства нашихъ знаній, отчасти же оттого, что вопросы предлагаются такъ, что на нихъ нельзя отвѣчать. Вы спрашиваете: «почему земля движется вокругъ солнца?» — «Потому, отвѣчаютъ вамъ, что солнце притягиваетъ ее.» «А почему солнце притягиваетъ землю?» — Здѣсь уже отвѣтъ весьма затруднителенъ, если не совсѣмъ невозможенъ. Можно, пожалуй, дать какое-нибудь объясненіе; но послѣ того останется еще предлогъ обратиться снова къ пытливымъ «почему?» Дѣло въ томъ, что мы никогда не можемъ дойти до конечной причины, т. е. до такой причины какого-нибудь явленія, которая не позволяла бы намъ задать вопроса, почему эта самая причина существуетъ. Каждый можетъ легко убѣдиться въ этомъ, стараясь объяснить себѣ что-нибудь: всегда онъ будетъ объяснять одно явленіе другимъ, которое въ свою очередь требуетъ объясненія.

Поэтому, нельзя требовать отъ естественныхъ наукъ совершенно законченныхъ объясненій явленій природы. Естественныя науки, наблюдая связь между двумя и нѣсколькими явленіями, могутъ, по большей мѣрѣ, объяснить только, почему эта связь существуетъ. Часто онѣ и этого не достигаютъ, и останавливаются на томъ, что формулируютъ только связь между явленіями. Такъ напр.: мы знаемъ, что электрическій токъ, проходя черезъ проволоку, нагрѣваетъ ее; знаемъ также, что нагрѣваніе тѣмъ больше, чѣмъ токъ сильнѣе, и чѣмъ тоньше проволока; можемъ даже выразить, помощью весьма простой формулы, зависимость нагрѣванія отъ силы тока и отъ размѣровъ проволоки. Но всѣ попытки объяснить, почему электрическій токъ нагрѣваетъ проволоку, черезъ которую онъ проходитъ, до того неудачны, что объ нихъ и говорить не стоитъ.

Только въ немногихъ случаяхъ были представлены удачныя объясненія связи между явленіями, и эти объясненія составляютъ, конечно, лучшую часть естественныхъ наукъ.

Сочиненіе, предлагаемое нами въ переводѣ, трактуетъ о нѣкоторыхъ вопросахъ, интересныхъ не только въ научномъ, но и въ практическомъ отношеніи. Всѣмъ извѣстно, что помощью теплоты можно производить

движеніе и работу. Паровыя машины и машины съ нагрѣтымъ воздухомъ работаютъ только до тѣхъ поръ, пока ихъ нагрѣваютъ; ходъ ихъ усиливается и ослабляется съ увеличеніемъ и ослабленіемъ нагрѣванія. Вообще связь между нагрѣваніемъ и работою машины очевидна, и бросается каждому въ глаза.

Но почему эта связь существуетъ? И сколько нужно теплоты, чтобы произвести работу, чтобы, напримѣръ, въ двадцать часовъ перевезти поѣздъ извѣстной тяжести изъ Москвы въ Петербургъ? На эти-то вопросы отвѣчаетъ предлагаемое сочиненіе. Авторъ его не говоритъ объ устройствѣ и употребленіи паровыхъ и другихъ машинъ, работающихъ теплотою, а старается объяснить, почему эти машины могутъ производить работу помощью теплоты, и что такое сама теплота. Но ошибутся тѣ, которые подумаютъ, что онъ пускается въ отвлеченныя теоріи. Если мы будемъ знать, въ чемъ состоитъ связь между теплотою и работою, то конечно съумѣемъ воспользоваться теплотою съ наибольшею выгодою. Бэконъ справедливо говоритъ: «то, что въ теоріи составляетъ *причину*, въ практикѣ составляетъ *средство* для воспроизведенія явленія». (Введеніе къ Novum Organum).

И дѣйствительно, не смотря на недавнее открытіе механической теоріи теплоты, т. е. теоріи, объясняющей связь теплоты съ работою, она успѣла уже принести нѣкоторые плоды и способствовала значительному усовершенствованію паровыхъ машинъ. Между прочимъ, она показала, что въ лучшихъ паровыхъ машинахъ теплота, заключающаяся въ парахъ, когда они выходятъ изъ паровика, производитъ едва одну двадцатую часть представляемой ею работы. Прибавимъ, что паровику сообщается только небольшая часть теплоты, производимой сожиганіемъ топлива; слѣдовательно, мы теряемъ напрасно чрезвычайно много теплоты и работы. Мы пользуемся менѣе чѣмъ сотою частью той теплоты, которая получается при сожиганіи топлива. Трудно ожидать, чтобы мы когда либо могли работать теплотою безъ всякой потери теплоты. Но нельзя сомнѣваться въ томъ, что потеря эта можетъ быть значительно уменьшена; что вмѣсто того, чтобы пользоваться $^1/_{100}$ потребляемой теплоты, мы воспользуемся $^5/_{100}$, или $^{10}/_{100}$, и слѣдовательно будемъ производить теплотою въ 5 или 10 разъ бо́льшую работу, чѣмъ та, которую мы теперь производимъ.

Я не имѣю въ виду развивать здѣсь теорію, которая изложена въ текстѣ. Тиндалль знакомитъ своихъ слушателей съ основами этой теоріи въ такой постепенности, что всякому внимательному читателю легко слѣдить за его разсказомъ. Онъ касается самыхъ трудныхъ вопросовъ и излагаетъ ихъ съ такою ясностью и полнотою, что поясненія были бы излишни Я хочу только показать логическій путь, который привелъ ученыхъ къ построенію разсматриваемой теоріи, надѣясь, что такимъ образомъ читатель, незнакомый съ развитіемъ ученія о теплѣ, легче усвоитъ себѣ основы его.

На теплоту прежде смотрѣли, какъ на отдѣльное вещество, не имѣющее вѣса, которое называли теплородомъ Думали, что она можетъ собираться въ тѣлахъ въ бо́льшемъ или меньшемъ количествѣ, вслѣдствіе чего тѣла могутъ быть болѣе или менѣе нагрѣты. Такъ какъ теплородъ не имѣетъ вѣса, то холодное тѣло, будучи нагрѣтымъ, т. е. когда въ немъ увеличится количество теплорода, не измѣнитъ своего вѣса. Легко видѣть, что это не было еще объясненіемъ того, что такое теплота. Явленіе нагрѣва-

нія приписывалось особенному невѣсомому веществу — теплороду, объ которомъ мы только и знаемъ, что онъ производитъ нагрѣваніе. За сколько-нибудь удовлетворительное можно считать только то объясненіе, которое сводитъ менѣе понятное явленіе на болѣе понятное. Здѣсь же только одно названіе замѣнено другимъ. Слѣдя за постепеннымъ накопленіемъ фактовъ, добытыхъ при наблюденіи надъ дѣйствіемъ теплоты на тѣла, мы видимъ постепенное уясненіе понятія о теплотѣ. Прежнее объясненіе, которое состояло въ замѣненіи непонятнаго слова другимъ, на столько же непонятнымъ, и слѣдовательно не заключало въ себѣ, собственно говоря, никакого новаго понятія, — мало-по-малу переходитъ въ другое, въ которомъ явленія теплоты сводятся на другія, болѣе знакомыя намъ явленія.

Присматриваясь къ тому, что дѣлается съ тѣлами, когда они нагрѣваются, можно безъ особыхъ приборовъ убѣдиться въ томъ, что отъ нагрѣванія тѣла расширяются. Всякій кузнецъ знаетъ, что нагрѣтый винтъ съ трудомъ входитъ въ ту гайку, въ которую онъ легко входилъ, когда не былъ нагрѣтъ. Извѣстно, что нагрѣтая вода вытекаетъ изъ того сосуда, котораго она не наполняла совершенно, когда была холодна. Извѣстно также, что ртуть, или спиртъ въ термометрѣ поднимаются при нагрѣваніи, потому что объемъ ихъ при этомъ увеличивается.

Представимъ себѣ, что какія нибудь силы растягиваютъ холодный винтъ по всѣмъ направленіямъ. Если эти силы будутъ достаточно велики, то отъ дѣйствія ихъ винтъ станетъ длиннѣе и толще. Въ чемъ состоитъ дѣйствіе этихъ силъ? — Онѣ стремятся расширить винтъ по всѣмъ направленіямъ, удалить частицы его одну отъ другой. Эти силы, дѣйствуя на винтъ, производятъ такое же измѣненіе его величины, какое производитъ нагрѣваніе. Слѣдовательно, теплота, сообщаясь тѣлу, стремится удалить другъ отъ друга частицы тѣла, т. е. отталкиваетъ ихъ одну отъ другой.

Отсюда вытекаетъ уже болѣе опредѣленное представленіе о теплотѣ. Не зная, что это за вещество, мы можемъ однако сказать, что оно, входя въ тѣла, способствуетъ отталкиванію ихъ частицъ. Такой взглядъ на теплоту высказанъ довольно опредѣлительно у Лапласа; говоря о равновѣсіи и движеніи упругихъ жидкостей, т. е. газовъ, онъ объясняетъ стремленіе ихъ занять возможно-большій объемъ отталкивательнымъ дѣйствіемъ теплорода. «Я думаю, говоритъ онъ, что частицы газовъ находятся другъ отъ друга на такихъ (большихъ) разстояніяхъ, что взаимное притяженіе ихъ нечувствительно.... Кромѣ того, я предполагаю, что частицы газовъ притягиваютъ къ себѣ теплородъ, и что взаимное отталкиваніе этихъ частицъ зависитъ отъ взаимнаго отталкиванія *частицъ теплорода*, — отталкиваніе, на которое дѣйствительно указываетъ увеличеніе упругости газовъ, по мѣрѣ того, какъ температура ихъ возвышается» (*).

Принимая, что теплота есть особенное вещество, мы вмѣстѣ съ тѣмъ дѣлаемъ и другое предположеніе. Опытъ и простое разсужденіе показываютъ намъ, что количество всякихъ веществъ въ природѣ постоянно; что мы можемъ только измѣнять внѣшній видъ тѣлъ, можемъ даже различнымъ образомъ соединять химически-простыя тѣла и получать самыя разнообразныя соединенія; но что мы можемъ образовывать тѣла изъ суще-

---

(*) Mécanique céleste. Paris, 1825. Livre XII, page 89.

ствующихъ тѣлъ, и не можемъ также уничтожить безъ слѣда ни малѣйшаго атома. Мы сожигаемъ дерево: когда оно совершенно перегоритъ, то отъ большого полѣна останется только весьма небольшое количество золы. Но въ дымѣ и водяномъ парѣ, которые подымаются отъ горящаго дерева, находятся всѣ остальныя составныя его части.

Разсматривая теплоту какъ отдѣльное вещество, необходимо и на нее распространить свойства другихъ веществъ: и объ ней мы должны сказать, что количество ея въ природѣ неизмѣнно, и что мы можемъ только собирать ее въ бо́льшемъ или ме́ньшемъ количествѣ на тѣлахъ, или же обнаруживать ее въ тѣхъ случаяхъ, когда она была скрытая.

Такое понятіе о теплотѣ было принято всюду еще недавно. Между тѣмъ въ десятыхъ годахъ настоящаго столѣтія начало распространяться употребленіе паровыхъ машинъ. Работа ихъ находилась въ несомнѣнной зависимости отъ нагрѣванія, и, слѣдовательно, онѣ представляли неизвѣстную до того времени способность теплоты производить работу. Но такъ какъ теплота есть отдѣльное вещество, то совершая работу, она не можетъ исчезать. И дѣйствительно, паровыя машины представляли явленіе, въ которомъ можно было видѣть причину производства работы помощью теплоты. Во всѣхъ подобныхъ машинахъ теплота, вмѣстѣ съ парами, идетъ отъ паровика черезъ рабочій цилиндръ, въ холодильникъ, или же изъ рабочаго цилиндра выходитъ въ воздухъ. Здѣсь всегда происходитъ перенесеніе теплоты съ одного тѣла — паровика, на другое — холодильникъ или атмосферный воздухъ. Съ этимъ переходомъ теплоты и связывали производство ею работы, и говорили, что произведенная машиною работа пропорціональна количеству теплоты, перешедшей черезъ цилиндръ. Такое ученіе было развито Сади Карно въ его знаменитомъ сочиненіи: «Sur la puissance motrice du feu». Онъ тамъ положительно утверждаетъ, что теплота никогда не пропадаетъ, что производство работы совершенно не связано съ уничтоженіемъ теплоты, и что работа зависитъ только отъ количества теплоты, перешедшей изъ паровика, черезъ рабочій цилиндръ въ холодильникъ.

Но объясненіе это не легко усвоивается. Трудно представить себѣ, что движеніе вещества, не имѣющаго вѣса, способно сообщать движеніе машинамъ, которыя производятъ громадныя работы. Мы можемъ привести въ движеніе спокойно стоящій шаръ, ударяя его другимъ шаромъ; но для этого нужно, чтобы масса или вѣсъ неподвижнаго шара не былъ слишкомъ великъ въ сравненіи съ вѣсомъ ударившаго его шара. Ударяя песчинкою ружейную пулю, мы никогда не приведемъ послѣдней въ движеніе. Какимъ же образомъ не вѣсомый теплородъ можетъ сообщить движеніе тяжелымъ частямъ паровой машины? Затѣмъ точнѣйшія наблюденія показали, что это невѣроятное сообщеніе движенія не согласуется и съ фактами. Есть средство опредѣлить съ достаточною точностью количества теплоты, входящей въ рабочій цилиндръ и выходящей изъ него. При подобныхъ опредѣленіяхъ всегда оказывалось, что въ цилиндръ входитъ теплоты больше, чѣмъ сколько выходитъ изъ него, и потеря эта слишкомъ значительна для того, чтобы ее можно было приписать дѣйствію окружающаго холоднаго воздуха, или лучеиспусканію. Съ увеличеніемъ числа наблюденій замѣчено было, что убыль теплоты находится въ тѣснѣйшей связи съ работою, совершаемою паровою машиною: чѣмъ больше работа

тѣмъ больше теряется теплоты, и вообще совершаемая машиною работа пропорціональна количеству теряемой теплоты. Другой фактъ, противорѣчащій этой теоріи — это развитіе теплоты при треніи одного тѣла о другое. Опыты Румфорда и Дэви (см. прибавленія къ II и III лекц.), показали, что теплота здѣсь дѣйствительно образуется, а не притекаетъ къ трущимся тѣламъ. Нѣтъ также никакого основанія полагать, что при треніи тѣлъ обнаруживается скрытая теплота. Такимъ образомъ мы имѣемъ факты исчезновенія и образованія теплоты, и эти факты, какъ мы замѣтили выше. не согласуются съ понятіемъ о теплотѣ, какъ объ особенномъ веществѣ. Что же такое теплота, если она не *особенное* вещество? Она есть *особенное сотояніе вещества* Производство работы помощью теплоты приводитъ къ заключенію, что теплота зависитъ отъ колебаній малѣйшихъ частичекъ, изъ которыхъ состоятъ тѣла При такомъ понятіи о теплотѣ, работа паровой машины и образованіе теплоты при треніи объясняются совершенно удовлетворительно. Паръ, входя въ рабочій цилиндръ, подымаетъ поршень; при этомъ движеніе частичекъ пара сообщается поршню. который вслѣдствіе этого начинаетъ двигаться. Ясно, что движеніе частичекъ пара должно уменьшаться на столько, на сколько они уступили своего движенія поршню; если же уменьшается движеніе частичекъ пара, то вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшается и количество теплоты въ немъ, и уменьшеніе это будетъ очевидно пропорціонально работѣ, совершаемой поршнемъ. Также точно при треніи уничтожается отчасти движеніе самихъ тѣлъ; но на сколько уменьшается движеніе тѣлъ, на столько же увеличивается движеніе ихъ частичекъ, а вслѣдствіе этого и нагрѣваніе ихъ.

Къ тому же уничтоженіе движенія вслѣдствіе тренія становилось бы непонятнымъ, еслибы мы не разсматривали его въ связи съ нагрѣваніемъ трущихся тѣлъ Опытъ и простое разсужденіе показываютъ намъ, что движеніе никогда не пропадаетъ безслѣдно. Мы знаемъ, что движеніе шара, катящагося по какой либо поверхности, постепенно замедляется и наконецъ совершенно прекращается. Это прекращеніе движенія зависитъ оттого, что поверхность, по которой катится шаръ, и окружающій его воздухъ сопротивляются его движенію. Чѣмъ глаже поверхность и чѣмъ болѣе разрѣженъ воздухъ, тѣмъ долѣе продолжается движеніе, такъ что мы безошибочно можемъ заключить, что еслибы поверхность была идеально гладкая и воздухъ былъ бы совершенно удаленъ изъ того мѣста, гдѣ шаръ движется, то онъ продолжалъ бы двигаться безъ остановки и съ постоянною скоростью. Еслибы совершенно упругій шаръ на своемъ пути встрѣтилъ такой же, спокойно стоящій шаръ, то онъ уступилъ бы ему часть, или все свое движеніе: но во всякомъ случаѣ количество движенія (произведеніе изъ скорости тѣла на его вѣсъ) до и послѣ удара будетъ одинаково, будутъ ли послѣ удара оба шара двигаться въ одну, или противоположныя стороны, или же только одинъ изъ нихъ будетъ двигаться. Въ томъ случаѣ, когда шары не совершенно упруги, количество движенія послѣ удара менѣе, чѣмъ до удара; но за то форма шаровъ измѣнится, и слѣдовательно уничтожившаяся часть движенія пошла на эту работу. Если, при треніи оси о втулку, они стираются, то, понятно, что на это отдѣленіе частичекъ тѣлъ должно отчасти истрачиваться движеніе. Но можно, принимая различныя предосторожности, и выбирая тщательно матеріалы для осей и подставокъ, достигнуть того, что треніе не будетъ почти со-

провождаться отдѣленіемъ частицъ трущихся тѣлъ. Тѣмъ не менѣе и въ этомъ случаѣ движеніе будетъ уничтожаться. Ясно, что объясненіе, приписывающее уничтоженіе движенія тренію, чисто словесное и вовсе не объясняетъ дѣла. Между тѣмъ на треніе истрачивается чрезвычайно много силы. Еслибы тренія не существовало, то сила, движущая машину, должна бы равняться работающей силы машины. Для бóльшей ясности я возьму примѣръ. Предположимъ, что мы хотимъ помощью машины извлекать воду изъ каменно-угольной шахты, и что машина наша приводится въ движеніе водою, которая падая на колесо, заставляетъ его двигаться. Предположимъ, что вода падаетъ на колесо съ высоты одной сажени. Еслибы движеніе не пропадало напрасно, то каждое ведро воды, упавшее на колесо съ такой высоты, должно бы поднять ведро воды на такую же высоту, т. е. на одну сажень. Между тѣмъ въ прежнихъ машинахъ одно ведро могло бы быть поднято при такихъ же обстоятельствахъ только на $^1/_{10}$ сажня: въ нынѣшнихъ же, самыхъ усовершенствованныхъ машинахъ, оно можетъ быть приподнято нѣсколько болѣе, чѣмъ на два аршина. Весь избытокъ дѣйствующей на машину силы надъ работою, совершаемою машиною, истрачивается на треніе.

Но разсматриваніе уничтоженія движенія вслѣдствіе тренія въ связи съ нагрѣваніемъ, производимымъ трущимися тѣлами, уясняетъ это явленіе. Опыты Кавендиша показали, что тѣла вообще взаимно притягиваются. Понятно, что частицы оси и подставки, плотно прилегая другъ къ другу, притягиваются, и когда ось начинаетъ двигаться, то притяженіе между частицами оси и подставки сопротивляется этому движенію, и когда это сопротивленіе преодолѣвается, то частицы трущихся тѣлъ начинаютъ колебаться, вслѣдствіе чего тѣла эти нагрѣваются. Нагрѣваніе, очевидно, будетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ плотнѣе прикасаются трущіяся тѣла, и чѣмъ сильнѣе притягиваются ихъ частицы, вообще чѣмъ сильнѣе треніе.

Нужно еще замѣтить, что понятіе о теплотѣ, какъ о движеніи частичекъ тѣлъ, совершенно удовлетворительно объясняетъ явленія скрытой и лучистой теплоты, и вообще все то, что намъ извѣстно о теплотѣ. Наконецъ, одно это объясненіе можетъ удовлетворить заразъ всѣмъ наблюденнымъ фактамъ.

Въ этомъ краткомъ очеркѣ читатель могъ видѣть постепенное развитіе понятія объ одномъ изъ главныхъ дѣятелей природы. Вмѣстѣ съ тѣмъ онъ могъ познакомиться отчасти съ методомъ естественныхъ наукъ: онѣ собираютъ факты, подмѣчаютъ связь между явленіями, формулируютъ эту связь, или даже объясняютъ ее. Построенныя на фактахъ, онѣ имѣютъ незыблемое основаніе. Въ нихъ не всегда воздерживались отъ преждевременныхъ объясненій; но новые факты показывали неточность объясненія и давали возможность исправить его. Каждый новый фактъ, каждое новое наблюденіе приближаютъ насъ къ истинѣ. Мы далеки отъ совершеннаго знанія законовъ природы, но постепенно приближаемся къ нему. Ростъ и успѣхи Естественныхъ наукъ должны пугать только тѣхъ, которые боятся истины. Конечно, многіе естествоиспытатели впадали въ ошибки; но обаятельная и отличительная сторона естественныхъ наукъ состоитъ въ томъ, что всегда можно отличить достовѣрное объясненіе отъ вѣроятнаго, или совершенно недостовѣрнаго. Поэтому, ложныя теоріи въ нихъ не долговѣчны и будутъ отвергнуты по мѣрѣ накопленія фактовъ, т. е. съ успѣхомъ Естественныхъ наукъ.

Теперь остается сказать нѣсколько словъ о переводѣ. Тиндалль издалъ свои лекціи въ томъ видѣ, какъ онъ читалъ ихъ передъ своею аудиторіею. Имѣя въ виду, что ясность устнаго не всегда совпадаетъ съ ясностью письменнаго изложенія, мы иногда не строго придерживались англійскаго текста, — пропускали, или вводили нѣкоторыя вводныя предложенія, сокращали или распространяли фразу. Въ нѣкоторыхъ, впрочемъ весьма немногихъ, мѣстахъ мы пропустили нѣсколько строкъ, содержащихъ въ себѣ указанія, не имѣющія никакого интереса для русской читающей публики; въ другихъ мѣстахъ мы дѣлали примѣчанія, тамъ, гдѣ находили нужнымъ остановиться подольше на какомъ-либо предметѣ.

Въ то время, когда первые листы нашего перевода были напечатаны появился переводъ этого же сочиненія на французскій языкъ, сдѣланный Аббатомъ Муаньо. Въ своемъ коротенькомъ предисловіи Муаньо пишетъ, что сочиненіе Тиндалля лучшее сочиненіе по физикѣ, которое ему случалось когда либо читать. Впрочемъ онъ находитъ, что Тиндаллемъ допущена неточность, а именнно движеніе, отъ котораго зависитъ теплота, безразлично называется частичнымъ, молекулярнымъ и атомическимъ. По мнѣнію Муаньо, молекуля состоитъ изъ частицъ, а частица изъ атомовъ, и теплота зависитъ отъ движеній атомовъ. Но мнѣ кажется, что наши понятія о молекуляхъ, частицахъ и атомахъ не на столько отчетливо отличаются, чтобы можно было сожалѣть о безразличномъ ихъ употребленіи. Къ тому же движеніе атомовъ непремѣнно побудитъ молекули и частицы къ движенію, такъ что теплота ни въ какомъ случаѣ не можетъ зависить исключительно отъ движенія атомовъ.

общающій и теоризирующій, и чувства, помощію которыхъ мы наблюдаемъ явленія. Такимъ образомъ, добытыя свѣдѣнія, примѣненныя къ практическимъ цѣлямъ, становятся практическою наукою Исторія того предмета, которымъ мы теперь займемся, ясно показываетъ совмѣстное участіе опыта и разсужденія въ построеніи науки. Безъ паровой машины теорія наша не достигла бы той степени совершенства, на которой она теперь находится. Работа, совершаемая теплотою въ паровой машинѣ, неотступно поднимала вопросъ о дѣятелѣ, который преодолѣваетъ силы потоковъ и вѣтровъ, лошадей и людей. Теплота можетъ производить механическое дѣйствіе, и помощью механическаго дѣйствія можно произвести теплоту. Слѣдовательно, теплота должна имѣть нѣчто общее съ механическимъ дѣйствіемъ. Установивши отношеніе между теплотою и механическою работою, обобщающій умъ распространилъ свои выводы и на остальныя силы природы и постановилъ ученіе о связи между ними. Такимъ образомъ примѣненіе пара вызвало теорію, и, при содѣйствіи наблюденій и разсужденій, изъ истинъ, добытыхъ помощью опыта и помощью выводовъ, образовалось наше ученіе, которое можно считать лучшимъ произведеніемъ новѣйшаго времени.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

—

СТРАН.

ВАЖНѢЙШІЯ ОПЕЧАТКИ И ПОГРѢШНОСТИ.

Стран.	*Строк.*	*Сверху или снизу.*	*Напечатано.*	*Слѣдуетъ.*
III	послѣд.	снизу	можетъ образовать	можетъ только образовать.
VI	6	сверху	силы	силъ
2	9	снизу	столикомъ	столбикомъ
7	16	сверху	ощущеніи	опущеніи
18	6	снизу	ровно въ разъ	ровно въ 30 разъ
—	17	—	ее	не
22	10	—	на пластинку	на тарелку
25	2	сверху	притяганія	притяженія
27	7	—	обращаются	образуются
—	6	снизу	теплоты, для расплавленія	теплоты достаточные для расплавленія
29	8	—	произведя и между ними	и произвело
32	4	—	Дѣйствительное	Дѣйствительно
34	5	сверху	но	и
38	7	сверху	приглашаемый	приглашенный
—	1	снизу	составляли	была
—	3	—	соприкасается	соприкасался
40	2	сверху	чтобы поднять	чтобы возвысить температуру
43	3	снизу	колеблющія	колеблющіяся
46	17		его	ее
47 и 48			объема,	объема воздуха
48	13	сверху	12 унцій',	16 унцій),
—	5	снизу	равняется тяжести	равняется поднятію тяжести
—	9	—	футовъ	фунтовъ
50	8	сверху	PP'	PP.
52	2	—	слѣдующіе эквиваленты	слѣдующіе механическіе эквиваленты
53	6	снизу	(фигура 19)	(фигура 21)
—	16	—	наступательное	поступательное
54	9	сверху	разрѣшенія	разрѣженія
55	1	снизу	сосуды	сосудъ
57	2	сверху	39_0 Ф	39^0 *F*
60	6	сверху	измѣненія	измѣренія
—	17	—	лучемъ,	лучемъ:

Стран.	Строк.	Сверху или снизу.	Напечатано.	Слѣдуетъ.
16	3	—	котораго	которою
	8	—	привотить	проводить
—	9	—	на сширеніе	—
—	1	снизу	въ 1863 г.	въ 1853 г.
—	3	—	ластами	листами
—	5	—	расширеніе	расширенія
—	14	—	галандскія	голландскія
63	4		одинакими	одинокими
65	2	сверху	наступательныхъ	поступательныхъ
—	19	снизу	температурѣкоэфиціенту	температурѣ и коэфиціенту
66	16	сверху	зеѳирныхъ	эѳирныхъ
	9	снизу	зеѳирныхъ	эѳирныхъ
67	7	сверху	оно	они
	—	—	увеличится	увеличиваются
	15	—	части	дроби
	16	—	частицы	дроби
68	11	снизу	постоянно,	постоянною,
70	13	сверху	(сведѣніе	(сведеніе
72	1	снизу	подъ	надъ
81	10	сверху	разложеніе	расположеніе
89	14	—	послѣдніе	послѣдній
—	9 и 10	снизу	Y	У
93	15	сверху	ктючъ	ключъ
97	11	снизу	Тревеніанъ	Тревеліанъ
98	2	сверху	Фароде	Фараде
	11	снизу	Фарбеса	Форбеса
99	5	сверху	ушки	тиски
100	13 и 14		Фороде	Фараде
108	1	—	пары	поры
110	6	—	атомъ	атомовъ
112	8	—	0,0817	0,0814
—	10	—	0,0380	0,0308
113	7	снизу	газу	тѣлу
114	4	—	79_0 C	79^o C;
116	19	сверху	6.717.870	6718770
120	3	—	подымающіе ея	подымающіеся
—	17	—	закрывшій	закрывающій
122	2	—	смылѣ	смыслѣ
125	21		замѣнено	замѣчено
131	19	снизу	воздуха	воздухъ
132	13	—	Морнъ-Гору	Морнъ-Гару
136	16	—	Киллау	Киллофъ
143	10	—	къ	съ
144	9	—	съ точки	въ точкѣ
155 и 156		—	строенія	свойствъ
166	5	снизу	5 длины	5 дюймовъ длины
168	1	—	онъ	оно

Стран.	*Строк.*	*Сверху или снизу.*	*Напечатано.*	*Слѣдуетъ.*
172	6	—	костянное	костиное
173			(въ фиг 68) к	к'
175	10	—	g	G
181	1	снизу	органическихъ	органическихъ тѣлъ
—	19	—	количества	количества ея
186	18	—	загарается	отъ огня загарается
193	13	сверху	пѣть на	пѣть, стоя на
—	—	—	футовъ.	футовъ отъ него.
194	9	снизу	вольнообразнаго	волнообразнаго
198	7	—	темлыхъ	темныхъ
200	4	сверху	колеблющую	колеблющуюся
204	11	сверху	угловая	угловая скорость
210	8	—	шарикамъ	шарикомъ
222	3	—	790	700
223	12	снизу	уменьшается свѣтъ	уменьшается напряженность свѣта
225	14		кругъ	площадь круга
—	—	—	ограниченный	ограниченная
226	13	сверху	неужели	нежели
—	15 и 16	снизу	рыбьяго клея	лака
229	18	—	соединенія	мѣсто спая
233	2	сверху	которые	которыхъ
—	5	—	къ лучамъ	для лучей
—	14	—	къ этимъ лучамъ	для этихъ лучей
234	9	снизу	къ теплотѣ	для теплоты
235	4	сверху	къ солнечному свѣту	для солнечнаго свѣта
242	—	снизу	Фарэдей	Фарадей
246			повергнуть	подвергнуть
247	17	сверху	одну ось	одну оптическую ось
248	2	снизу	всывалъ	всплывалъ
255	4	сверху	съ	—
258	фиг.	89	с (около нижняго крана)	с'
262	17	сверху	его силы употреблялась	силы употребится
267	8	снизу	пемы	пемзы
270	14 и 15	количество газовыхъ частицъ		количество впускаемаго газа
272	2	30, 8		29, 8
273	9	сверху	1/11000	1/14000
274	1	снизу	6.....34,5.... 32,2	
—	2	—	5	6
—	3		4	5
—	4	—	3	4
—	7	—	предполагаемое	вычисленное
275	13		1/500000	1/550000
286	18	сверху	147	35
—	26	—	Протоновый эѳиръ	Пропіоновый этилъ

Стран.	*Строк.*	*Сверху или снизу.*	*Напечатано.*	*Слѣдуетъ*
289	9	сверху	12°,	22°,
—	5	снизу	а,	а;
293	9	сверху	соединенным	соединенном
295	2	снизу	достаточном	недостаточном
300	1	сверху	дрииеніе	движеніе
303	10	—	полученное	не все полученное
305	4 и 5	—	не	ни
306	10	снизу	гидроскопическим	гигроскопическим
307	15	сверху	(фиг. 90)	(фиг. 95)
310	3	снизу	540	45°
315	3	сверху	метеорологи	метеорологи могли
321	19		всасываніе	поглощеніе
—	2	снизу	пуля	нуля
326	10	сверху		Въ
327	10 и 11	—	температура	термометра
—	15	—	наклонялись	скоплялись
—	13 и 14	снизу	зачающіеся	заключающіеся
336	9 и 10	сверху	произдятъ	производятъ
—	12	—	темный	зеленый
339		—	Киршовъ	Киршофъ
342	9	—	промежутковъ	промежутокъ
353	9	—	время, къ несчастію	время, когда къ несчастію
356	17	сверху	или 64 фута	или на 64 фута
359	5	снизу	милліонов замороженной воды	милліонов куб. миль замороженной воды
365	11	снизу	письма,	письма, потому
366	4	—	показываетъ	показываютъ
367	15	сверху	осажденіе	охлажденіе
372	10	снизу	возможныхъ	возможными



ТЕПЛОТА,

РАЗСМАТРИВАЕМАЯ КАКЪ РОДЪ ДВИЖЕНІЯ.

ЛЕКЦІЯ 1-я.

Приборы. Произведеніе теплоты механическимъ дѣйствіемъ. Трата ея на работу.

Главная отличительная черта естествовѣдѣнія есть его быстрое и постоянное развитіе. Здѣсь важенъ каждый фактъ; каждое новое открытіе составляетъ точку отправленія для дальнѣйшихъ изслѣдованій. Этимъ путемъ оно должно подвигаться впередъ. Каждый изъ отдѣловъ естествовѣдѣнія способствовалъ накопленію нашихъ знаній, и въ послѣдніе годы, болѣе чѣмъ въ прежнія времена; но ни одна изъ его отраслей не развивалась въ послѣднее время быстрѣе той, которою мы теперь займемся.

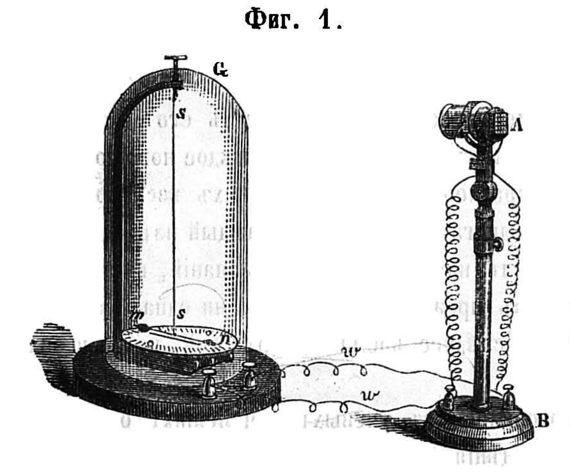
До сихъ поръ мало говорилось въ ученыхъ сочиненіяхъ о новыхъ воззрѣніяхъ на теплоту, и свѣдѣнія публики, по отношенію къ нимъ, остались ниже должнаго уровня. Это естественно, потому что предметъ еще несовсѣмъ разработанъ; и мы, приступая къ нему, должны быть готовы встрѣтить нѣкоторыя трудности. Но въ цѣломъ ряду естественныхъ наукъ нѣтъ предмета, легче изучаемаго, предмета, знаніе котораго доставило бы занимающемуся имъ больше вознагражденія. Узнавая законы и свойства теплоты, мы вообще уясняемъ себѣ соотношеніе между всѣми естественными силами. Примемся же за трудъ бодро и съ надеждою, познакомимся поближе съ новѣйшими открытіями и понятіями объ этомъ всюду проникающемъ дѣятелѣ, и станемъ прилежно искать законовъ, которымъ подчинены явленія, и единства въ ихъ разнообразіи. Если мы успѣемъ въ этомъ дѣлѣ, то этимъ удовлетворимъ, болѣе чѣмъ это возможно было до сихъ поръ, той любви къ стройности и красотѣ, которая, по моему мнѣнію, присуща каждому. Законы природы, разсматриваемые съ той точки зрѣнія, на которую мы хотимъ стать

представятся намъ гораздо яснѣе, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы мы, не забираясь высоко, пошли торною дорогою.

Первымъ дѣломъ моимъ будетъ ознакомить васъ съ нѣкоторыми приборами, употребляемыми мною при изслѣдованіи настоящаго вопроса. Я долженъ придумать способы сдѣлать признаки теплоты и холода видимыми для васъ всѣхъ. Обыкновенный термометръ здѣсь негодится; показанія его не будутъ замѣтны, — я же хочу непремѣнно, чтобы вы сами видѣли тѣ факты, на которыхъ строются наши заключенія.

Мнѣ хотѣлось бы дать вамъ матеріалъ для самостоятельнаго сужденія, доставить вамъ возможность соглашаться со мною, когда вы считаете меня правымъ, поправлять меня, когда я ошибаюсь, осуждать меня, если находите неправильнымъ мое обращеніе съ предметомъ. Чтобы достигнуть этой цѣли, я долженъ былъ оставить употребленіе обыкновеннаго термометра и прибѣгнуть къ снаряду AB (фиг. 1), который называется *термо-электрическимъ столбикомъ* (*).

Фиг. 1.



Теплота, дѣйствуя на этотъ снарядъ, возбуждаетъ электрическій токъ. Вы знаете, или должны знать, что такой токъ отклоняетъ магнитную стрѣлку, висящую свободно, когда онъ параллеленъ ей. Вотъ подобная стрѣлка mn (фиг. 1), окружённая мѣдною проволокою, обмотанною шолкомъ, свободные концы которой соединены съ термо-электрическимъ столбикомъ. Стрѣлка виситъ на ниточкѣ ss изъ некрученаго шолка и защищена стекляннымъ колпакомъ отъ вліянія движеній воздуха. Къ одному изъ концовъ стрѣлки я прикрѣпилъ кусочекъ красной бумаги, а къ другому кусочекъ синей. Всѣ видятъ эти кусочки бумаги; и когда стрѣлка закачается, движенія ея будутъ замѣтны лицамъ, занимающимъ самыя отдаленныя мѣста въ этой комнатѣ.

---

*) Краткое описаніе термо-электрическаго стобика сдѣлано въ прибавленіи къ этой лекціи, стр. 12.

Теперь стрѣлка покойна и указываетъ на нуль, означенный на лежащемъ подъ нею кругѣ, раздѣленномъ на градусы. Это доказываетъ отсутствіе тока. Я дохну́ на обнаженную поверхность столбика: одного дуновенія достаточно для моей цѣли. Стрѣлка вздрагиваетъ и проходитъ по дугѣ до 90°; она пошла бы и далѣе, но я ограничилъ ея отклоненіе, прикрѣпивъ у 90° тонкую мѣдную пластинку. Обратите вниманіе на направленіе отклоненія: красный конецъ стрѣлки движется по направленію отъ меня къ вамъ, какъ бы вслѣдствіе нерасположенія ко мнѣ и внезапнаго влеченія къ вамъ. Это движеніе стрѣлки произведено небольшимъ количествомъ теплоты, сообщеннымъ моимъ дыханіемъ поверхности столбика. Никакой обыкновенный термометръ не показалъ бы такъ быстро и такъ замѣтно, такого незначительнаго возвышенія температуры. Пусть теплота, сообщенная столбику, разсѣется сама собою,— это произойдетъ въ очень короткое время, — и вы видите, какъ, по мѣрѣ охлажденія столбика, стрѣлка возвращается къ своему прежнему положенію. Замѣчайте теперь вліяніе холода на поверхность столбика. Вотъ кусокъ льда; я не буду имъ прикасаться къ снаряду, чтобы не замочить его, а вмѣсто того кладу на ледъ металлическую пластинку; потомъ, вытерши ее, прикладываю къ поверхности столбика. Минутное прикосновеніе производитъ быстрое и сильное отклоненіе стрѣлки; но замѣтьте его направленіе. При нагрѣваніи столбика, красный конецъ направлялся отъ меня къ вамъ; теперь его склонности измѣнились, и красный конецъ движется по направленію отъ васъ ко мнѣ. Вы видите, что теплота и холодъ заставляютъ стрѣлку двигаться въ противоположныя стороны. Изъ этихъ опытовъ мы выводимъ слѣдующее важное заключеніе.

По направленію стрѣлки мы съ точностью можемъ заключить, теплота или холодъ были сообщены столбику; а сила движенія стрѣлки и быстрота, съ которою она выходитъ изъ своего состоянія покоя, даютъ намъ нѣкоторое понятіе о сравнительномъ количествѣ теплоты и холода, сообщаемыхъ ей въ разныхъ случаяхъ. Въ слѣдующей лекціи я объясню, какимъ образомъ это относительное количество теплоты можетъ быть выражено въ числахъ, а покуда достаточно общихъ свѣдѣній о дѣйствіи нашего снаряда.

Разсмотримъ связь теплоты съ наиболѣе обыкновеннымъ проявленіемъ силы. Эту связь можно видѣть изъ множества поучительныхъ фактовъ, въ которыхъ мы увидимъ произведеніе теплоты посредствомъ

механическихъ процессовъ. Въ сосѣдней комнатѣ помѣщено нѣсколько кусковъ дерева. Зачѣмъ я помѣстилъ ихъ тамъ? Просто по обязанности производить опыты съ ясностью и отчетливостью, требуемыми наукою отъ ея служителей. Я знаю, что температура той комнаты нѣсколько ниже температуры этой, и дерево, тамъ находящееся, должно быть нѣсколько холоднѣе поверхности столбика, которымъ я намѣренъ испытать температуру дерева. Докажемъ это. Положимъ означенный кусокъ дерева на поверхность столбика: красный конецъ стрѣлки направляется отъ васъ ко мнѣ, доказывая тѣмъ охлажденіе столбика прикосновеніемъ къ нему дерева. Теперь я осторожно тру деревомъ поверхность столбика; говорю «осторожно», потому что столбикъ — снарядъ хрупкій, и грубое обращеніе съ нимъ могло бы ему повредить. Смотрите что происходитъ: быстрое и сильное движеніе стрѣлки по направленію къ вамъ означаетъ, что поверхность столбика была согрѣта этимъ легкимъ треніемъ. Стрѣлка, какъ видите, идетъ ровно до 90° въ сторону совершенно противоположную той, въ которую она двигалась, прежде нежели началось треніе.

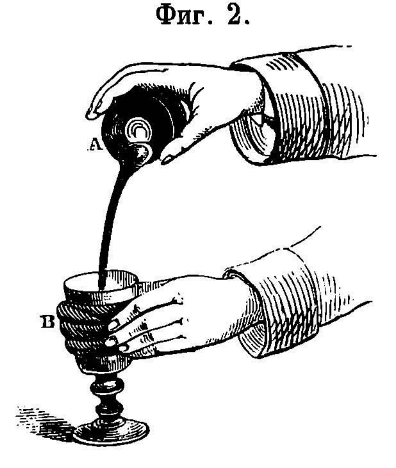
Предъидущіе опыты, показывающіе развитіе теплоты механическими способами, должны быть для насъ тѣмъ же, чѣмъ служатъ школьныя упражненія ученику. Чтобы утвердить ихъ въ памяти и достаточно съ ними освоиться, необходимо ихъ повторять и возможно болѣе разнообразить. Этотъ трудъ прошу васъ раздѣлить со мною. Вотъ мѣдная пластинка съ прикрѣпленной къ ней проволокой; я беру проволоку въ руку, предварительно обернувъ ее въ холодную фланель, для того чтобы моя теплая рука не прикасалась къ мѣди, затѣмъ прикладываю пластинку къ поверхности столбика, и движеніе стрѣлки показываетъ, что мѣдь холодна. Я тру мѣдь о кусокъ холоднаго дерева, снова прикладываю ее къ столбику и тотчасъ принимаю: она такъ тепла, что токъ, произведенный болѣе продолжительнымъ прикосновеніемъ къ снаряду, слишкомъ быстро отбросилъ бы стрѣлку къ пластинкѣ, прикрѣпленной на 90° и тѣмъ вѣроятно повредилъ бы ея магнетизму. Видите, какое сильное отклоненіе произведено лишь минутнымъ прикосновеніемъ. И въ самомъ дѣлѣ, когда я былъ еще ученикомъ, то у меня часто дѣлались нарывы, оттого что я прикладывалъ къ рукѣ мѣдную пуговицу, нагрѣтую треніемъ о скамью. Вотъ охлажденная льдомъ бритва, которую я тру о несмазанный масломъ оселокъ, какъ бы для того, чтобы наострить ее, потомъ прикладываю къ столбику, и вы замѣчаете, что сталь, бывшая минуту тому назадъ холодною, теперь горяча. Также

точно я беру холодные ножикъ и точило, тру о точило ножикъ и прикладываю его къ столбику. По отклоненію стрѣлки вы узнаете о теплотѣ, развившейся въ ножикѣ. Холодною пилою я распиливаю холодный кусокъ дерева, и тотчасъ послѣ того прикладываю дерево къ столбику распиленною стороною. Теплота дерева обозначается мгновеннымъ отклоненіемъ стрѣлки въ извѣстномъ направленіи. По возвращеніи стрѣлки къ нулю, я прикладываю къ столбику пилу; и она также горяча. Я избралъ эти примѣры возбужденія теплоты треніемъ, какъ самые простые и встрѣчающіеся чаще другихъ. Посредствомъ такихъ опытовъ, какъ они ни просты, мы постепенно проникаемъ въ тайны природы и уясняемъ себѣ устройство вселенной.

Теперь займемся опытами, которые произведутъ теплоту посредствомъ сжатія. Вотъ кусокъ сосноваго дерева, температура котораго ниже температуры этой комнаты, что можно видѣть по отклоненію стрѣлки. Я кладу это дерево между двумя пластинками маленькаго гидравлическаго пресса, сжимаю довольно сильно дерево, потомъ прикладываю его къ столбику. Гальванометръ показываетъ, что сжиманіе нагрѣло дерево, не смотря на то, что пластинки пресса были также холоднѣе воздуха въ комнатѣ. Совершенно тоже самое происходитъ, когда я кладу между пластинками пресса свинцовую пулю и расплющиваю ее. Теперь разсмотримъ дѣйствіе удара. Вотъ холодная свинцовая пуля, которую я кладу на холодную наковальню и бью ее холоднымъ молотомъ. Молотъ падаетъ съ извѣстною силою, но движеніе его внезапно прерывается, встрѣчая пулю и наковальню. Повидимому, сила молота потеряна, но посмотримъ на пулю. Видите, она согрѣлась, и будь мы въ состоніи собрать всю теплоту, произведенную ударомъ молота, и употребить ее безъ потери на механическую работу, можно бы было дѣйствіемъ ея поднять молотъ на высоту, съ которой онъ упалъ.

Я приготовилъ другой опытъ, который нужно повторить нѣсколько разъ, для того чтобы произвести замѣтное дѣйствіе на снарядъ. Нальемъ нѣсколько ртути, охлажденной въ сосѣдней комнатѣ, въ этотъ маленькій сосудъ. Покрывъ лакомъ одну изъ сторонъ термо-электрическаго столбика, во избѣжаніе порчи его ртутью, я погружаю его въ жидкій металлъ, и по отклоненію стрѣлки вижу, что ртуть холодна. Вотъ два стакана, плотно обернутые ватой, для того, чтобы теплота моей руки не могла сообщиться ртути. Теперь я переливаю холодную ртуть изъ стакана въ стаканъ; при этомъ она падаетъ съ нѣкоторою механическою силою, движеніе ея прекращается и теплота развивается. Количество

Фиг. 2.



теплоты, произведенное однимъ переливаніемъ ртути, очень мало. Я бы могъ съ точностю опредѣлить это количество, но отложу количественныя опредѣленія до слѣдующей лекціи, а теперь продолжаю переливать ртуть изъ стакана въ стаканъ 10 или 15 разъ. Послѣдствія переливанія вы замѣтите погружая столбикъ въ ртуть: стрѣлка показываетъ своимъ движеньемъ, что ртуть, бывшая въ началѣ опыта холоднѣе столбика, теперь теплѣе его. Въ этомъ опытѣ повторяется то, что происходитъ въ природѣ у основанія каждаго водопада. Нѣкоторымъ изъ присутствующихъ здѣсь случалось стоять въ нѣсколькихъ шагахъ отъ Ніагары; и еслибы они погружали въ воду чувствительный термометръ у вершины и у основанія водопада, то нашли бы воду внизу теплѣе, нежели наверху. Повѣріе моряковъ тоже теоретически вѣрно: море согрѣвается волненіемъ, произведеннымъ бурею, потому что механическое дѣйствіе ударовъ вѣтра, поднимающее волны, подъ конецъ превращается въ теплоту.

Теплота производится во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда преодолѣвается треніе. Произведенная такимъ образомъ теплота есть мѣра силы, употребленной на преодолѣніе тренія; она есть ничто иное, какъ прежняя сила, въ другомъ видѣ, и если мы хотимъ избѣжать этого превращенія, то должны уничтожить треніе. Мы обыкновенно льемъ масло на оселокъ, смазываемъ пилу, стараемся, чтобы оси нашихъ вагоновъ были возможно гладки. Что собственно дѣлаемъ мы въ этихъ случаяхъ? Займемся прежде общими понятіями, послѣ дойдемъ и до частностей. Строитель желѣзной дороги имѣетъ своею цѣлью быстрое перемѣщеніе поѣзда изъ одного мѣста въ другое, изъ Лондона въ Эдинбургъ, изъ Лондона въ Оксфордъ, какъ случится. Онъ пользуется силой пара или, скорѣе, силой жара, производящаго пары, и ему невыгодно допустить превращеніе части этой силы въ другую форму, уже неспособствующую достиженію его цѣли. Ему нѣтъ надобности согрѣвать оси вагоновъ, а потому онъ старается истрачивать возможно меньшее количество силы на нагрѣваніе ихъ. Сила добыта имъ отъ теплоты, и онъ не имѣетъ въ виду превращать ее снова въ ея первоначальную форму, потому что на возвышеніе температуры осей, производимое треніемъ объ нихъ, истра-

чивается опредѣленная доля движущей силы машины. Собственно говоря, сила никогда не теряется; еслибы можно было собрать всю теплоту, производимую треніемъ осей, то механическимъ ея примѣненіемъ мы увеличили бы скорость поѣзда на столько же, на сколько она уменьшилась вслѣдствіе тренія. Такимъ образомъ кондукторы вагоновъ, которые обыкновенно наливаютъ жиръ въ маленькіе ящики, сообщающіеся съ промежутками между втулками и осями экипажа, изъясняютъ, сами не зная того, законъ солидарности силъ природы, указываютъ на превратимость и неразрушимость силы, и практически доказываютъ, что механическая сила можетъ быть превращена въ теплоту, и послѣ этого перестаетъ уже существовать въ видѣ механической силы, такъ что, по мѣрѣ развитія теплоты, исчезаетъ пропорціональное ей количество движущей силы паровоза. При приближеніи поѣзда къ станціи опускаютъ нажимъ на колеса, отъ которыхъ при этомъ подымается паръ и сыпятся искры; поѣздъ останавливается. Отчего это происходитъ? Оттого, что вся скорость, сообщенная поѣзду, при опущеніи нажима превращается въ теплоту.

Тоже самое бываетъ при смазываніи саломъ пилы, распиливающей дерево; пильщикъ хочетъ распилить дерево на части, хочетъ преодолѣть механическую связь его частицъ зубцами своей пилы. Если пила движется съ трудомъ вслѣдствіе тренія дерева о плоскую ея поверхность, то таже самая сила производитъ меньшее дѣйствіе, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда пила движется безъ тренія. Сила производитъ меньшее дѣйствіе не абсолютно, а по отношенію къ самому пиленію. Сила, не употребленная на пиленіе, не потеряна, а превращена въ теплоту. Такой же примѣръ я только что представилъ вамъ. Здѣсь опять, еслибы можно было собрать теплоту, произведенную треніемъ, и употребить ее на пиленіе, то мы на столько ускорили бы работу, на сколько замедляетъ ее пильщикъ, который пренебрегаетъ смазкой своего инструмента и тѣмъ превращаетъ силу въ теплоту.

Мы согрѣваемъ наши руки треніемъ, и имъ же возвращаемъ необходимую теплоту отмороженнымъ членамъ. Дикіе добываютъ огонь посредствомъ тренія хорошо выбранныхъ кусковъ дерева. Треніемъ на токарномъ станкѣ легко обугливать дерево. Путешествующіе по Гампширскимъ дорогамъ замѣчаютъ иногда въ темныя ночи подъ ногами обильно сыпящіяся искры, что происходитъ отъ ударовъ о камни ихъ обуви, обитой желѣзомъ. Частицы обыкновеннаго кремня и стали ударомъ такъ нагрѣваются, что загораются и пылаютъ въ воздухѣ. Но теплота предше-

ствуетъ горѣнію. Деви нашелъ, что искры не сыпались отъ удара кремня о сталь, когда онъ опускалъ курокъ кремневаго ружья, помѣстивши его въ безвоздушномъ пространствѣ, но отшибленныя частицы стали, разсмотрѣнныя подъ микроскопомъ, показали слѣды плавленія. Вотъ большой кусокъ горнаго хрусталя; стоитъ только быстро провести по немъ другимъ кускомъ, чтобы явилась свѣтлая полоса. Вотъ еще два камня: я только потру ихъ одинъ о другой, и они будутъ свѣтиться.

Пуля, разсѣкающая воздухъ, нагрѣвается треніемъ. Наиболѣе вѣроятная теорія падающихъ звѣздъ та, по которой онѣ считаются маленькими планетами, обращающимися вокругъ солнца; притяженіе земли заставляетъ ихъ уклоняться отъ своихъ орбитъ, и онѣ, проходя нашу атмосферу, отъ тренія раскаляются до бѣла. Джауль показалъ, что атмосферное треніе способно произвести подобное дѣйствіе; онъ также вѣроятно правъ, предполагая, что большая часть аэролитовъ разсѣеваются вслѣдствіе нагрѣванія, потому что оно такъ велико, что способно превратить ихъ въ пары. Такимъ образомъ земля избавлена отъ страшной бомбандировки. Эти тѣла движутся со скоростью планетъ, а быстрота движенія четырехъ внутреннихъ планетъ слѣдующая:

Меркурій	30, 40.	мили въ секунду.
Венера	32, 24.	
Земля	18, 91.	
Марсъ	15, 32.	

Быстрота аэролитовъ измѣняется отъ 18 до 36 миль въ секунду, и треніе, развиваемое такою громадною скоростью, конечно способно произвести слѣдствіе, ему приписываемое.

Болѣе чѣмъ 64 года тому назадъ Румфордъ, одинъ изъ основателей королевскаго института, производилъ рядъ опытовъ надъ возбужденіемъ теплоты посредствомъ тренія; опыты эти, при настоящихъ свѣдѣніяхъ, представляютъ высокую степень интереса и важности. Въ самомъ дѣлѣ, услуги, оказанныя институтомъ въ разработкѣ вопроса о соотношеніи силъ природы, никогда не могутъ быть забыты. Томасъ Юнгъ, прежній профессоръ этого института, положилъ основанія теоріи вибрацій свѣта, которая, въ ея полнѣйшемъ примѣненіи, обнимаетъ собою и нашу теорію теплоты. Деви поддерживалъ въ существенномъ тѣже воззрѣнія на теплоту, о которыхъ я теперь говорю. Фарадей установилъ законы эквивалентности между химическимъ сродствомъ и электричествомъ, и Джауль первый воспользовался его открытіями въ области электромагнитизма для изъясненія взаимной превра-

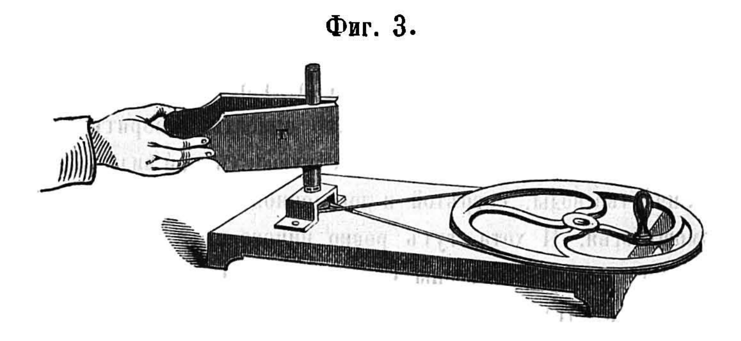
тимости теплоты и механическаго дѣйствія. Румфордъ, въ одномъ изъ своихъ мемуаровъ, который на столько же замѣчателенъ по описаннымъ въ немъ опытамъ, какъ и по разсужденіямъ, защищалъ ученіе о свойствахъ теплоты, поставленное теперь, благодаря недавнимъ опытамъ ученыхъ, на прочномъ основаніи. Присутствуя при сверленіи пушки въ Мюнхенѣ, онъ былъ пораженъ громаднымъ количествомъ теплоты, развившейся при процессѣ сверленія. Это побудило его придумать снарядъ для спеціальнаго изслѣдованія теплоты, развиваемой посредствомъ тренія. Въ пустой желѣзный цилиндръ онъ вставлялъ массивный поршень, который давилъ на дно цилиндра. Цилиндръ погружался въ ящикъ, содержавшій $18^3/_4$ ф. воды, въ которую онъ опустилъ термометръ. Первоначальная температура воды была 60°. Цилиндръ былъ вращаемъ рабочею лошадью, и часъ спустя послѣ того, какъ началось треніе, температура возрасла до 107°, т. е. она возвысилась на 47°; черезъ полчаса спустя температура была уже 142°; продолжая вращать цилиндръ къ концу двухъ часовъ температура воды возвысилась до 178°, черезъ 2 ч. и 20 м. до 200°; а къ концу 2 ч. и 30 м. вода закипѣла (*). Румфордъ превосходно описываетъ впечатлѣніе, произведенное этимъ опытомъ на присутствующихъ. «Трудно описать, говоритъ онъ, удивленіе, выразившееся на лицахъ присутствующихъ при видѣ такого большаго количества воды, согрѣтой и доведенной до кипѣнія безъ малѣйшей помощи огня. И хотя тутъ ровно ничего нѣтъ удивительнаго, но искренно признаюсь, этотъ опытъ доставилъ мнѣ такую сильную ребяческую радость, что еслибы я заботился о репутаціи серьёзнаго ученаго, то долженъ былъ бы скрыть ее, а не высказать.» На основаніи

(*) *Примѣчаніе.* Температуры здѣсь показаны по термометру Фаренгейта. Градусы на немъ отличаются отъ градусовъ на термометрѣ Реомюра, который обыкновенно употребляется у насъ. Если термометръ Реомюра погрузить въ тающій ледъ, или въ замерзающую воду, то ртуть въ немъ станетъ противъ 0°; въ Фаренгейтовомъ же термометрѣ въ такой же водѣ ртуть станетъ противъ 32°. Значитъ 32° по Фаренгейту будетъ все равно что 0° по Реомюру. Термометръ Реомюра, погруженный въ кипящую воду, покажетъ 80°, термометръ же Фаренгейта 212°. Значитъ у Фаренгейта помѣщается 212—32=180° на такой длинѣ, на которой у Реомюра вмѣщается только 80°, такъ что каждый градусъ Реомюра $=2^1/_4$ Фаренгейта. Температуру, показанную по термометру Фаренгейта, легко свести на ту, которую показывалъ бы термометръ Реомюра: нужно изъ числа градусовъ вычесть 32 и остатокъ раздѣлить на $2^1/_4$. Напр. 200° по Фаренгейту будутъ $=\frac{200-32}{2^1/_4}=74^2/_3$ по Реомюру. *А. Ш.*

этого замѣчательнаго опыта Джауль вычислилъ количество механической работы, издерживаемой на производство извѣстнаго количества теплоты, и получилъ результатъ, близкій къ тому, который былъ выведенъ имъ же изъ его опытовъ надъ произведеніемъ работы помощью теплоты. Въ первомъ случаѣ получился механическій эквивалентъ теплоты, а во вторыхъ теплородный эквивалентъ работы.

Было бы излишне повторять опытъ Румфорда во всѣхъ его подробностяхъ: мнѣ нельзя тратить на одинъ опытъ два съ половиною часа; но я надѣюсь показать вамъ совершенно подобное явленіе въ двѣ минуты. Вотъ мѣдная трубочка въ 4 дюйма длиною и $^3/_4$ д. въ діаметрѣ, задѣланная съ одного конца. Я привинчиваю ее къ быстро кружащемуся столу, посредствомъ котораго заставляю вертѣться и самую трубку, беру два бруска дубоваго дерева, на которыхъ вырѣзаны жолобки для обхватыванія трубки; эти куски соединены шалнеромъ, составляютъ родъ щипцовъ (фиг. 3), сдавливаніемъ которыхъ я произвожу треніе между де-

Фиг. 3.

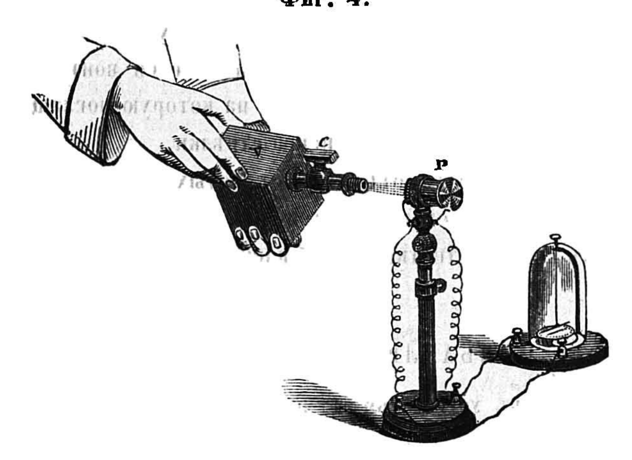


ревомъ и трубкой, во время вращенія послѣдней. Я наполняю трубку водою, прикрываю ее пробкой, чтобы жидкость не расплескалась, и привожу машину въ дѣйствіе. Во время движенія температура воды возвышается, и хотя не прошло еще двухъ минутъ, уже можно замѣтить выбивающуюся изъ подъ пробки струю воды. Силою пара, образующагося при этомъ, пробка можетъ быть выброшена на высоту 20 ф.; теперь происходитъ это, и паръ подымается изъ трубки, производя при своемъ охлажденіи небольшое облако.

До сихъ поръ мы разсматривали случаи, въ которыхъ теплота производилась помощью механическаго дѣйствія. Наши опыты показывали, что гдѣ истрачивается механическое дѣйствіе, тамъ возбуждается теплота. Теперь я хочу показать обратное явленіе — потребленіе теплоты на механическую работу. Можетъ быть вы находите трудным со-

ставить себѣ ясныя понятія о значеніи этихъ опытовъ; но прошу у васъ нѣсколько терпѣнія. Мы приступаемъ къ трудному и запутанному предмету; но мало по малу, надѣюсь, мы разъяснимъ его. Вотъ прочный сосудъ, наполненный обыкновеннымъ воздухомъ. Послѣ сгущенія воздуха въ сосудѣ прошло нѣсколько часовъ, такъ что температура его успѣла сравняться съ температурою окружающаго воздуха. Теперь сжатый воздухъ давитъ на стѣнки сосуда, и, если я открою этотъ кранъ, воздухъ устремится изъ сосуда. Впрочемъ, слово «устремится» несовсѣмъ опредѣленно выражаетъ то, что дѣйствительно происходитъ: вытекающій воздухъ гонится изнутри остававшимся тамъ воздухомъ, который и производитъ движеніе. Какъ же отзывается это дѣйствіе на воздухѣ, который произвелъ его? Воздухъ охлаждается. Онъ производитъ работу, и этимъ онъ исключительно обязанъ теплотѣ. Отъ теплоты исключительно зависитъ упругость, съ которою воздухъ давитъ на стѣнки сосуда, и которая заставляетъ выходить воздухъ. Часть этой теплоты истрачивается при этомъ выходѣ воздуха, и онъ охлаждается. Вотъ еще опытъ. Я открываю кранъ и направляю струю воздуха, стремящагося изъ сосуда (ф. 4) на поверхность столбика P; красный конецъ стрѣл-

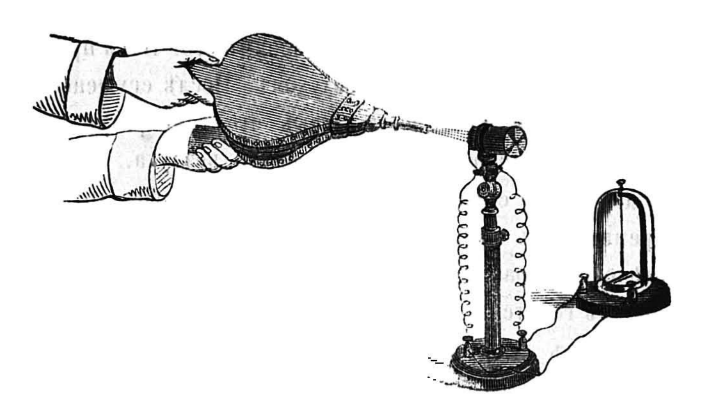
Фиг. 4.



ки отклоняется въ мою сторону, обозначая тѣмъ самымъ охлажденіе столбика струею воздуха.

Другое дѣло, когда на термо-электрическій столбикъ пускается струя воздуха изъ отверстія обыкновеннаго мѣха. Въ послѣднемъ опытѣ самимъ воздухомъ производилось механическое дѣйствіе, на которое и поглащалась теплота; при употребленіи же мѣха работа производится мускулами. Я подымаю верхнюю доску мѣха, и воздухъ стремится въ

Фиг. 5.



него; (ф. 5.) потомъ я сдавливаю обѣ доски съ извѣстной силой, и воздухъ выгоняется вонъ. Выгнанный воздухъ ударяется о поверхность столбика, движеніе его уничтожается, и тотчасъ возбуждается теплота въ количествѣ, равномъ уничтоженному движенію. Вы видите, что когда я посредствомъ мѣха пускаю струю воздуха на столбикъ, красный конецъ стрѣлки направляется къ вамъ, означая тѣмъ нагрѣваніе столбика. Вотъ бутылка содовой воды; она теперь нѣсколько теплѣе столбика, что замѣчается по отклоненію стрѣлки, ею производимому. Я разрѣзываю шнурокъ, придерживающій пробку, и она отбрасывается вонъ силою углекислаго газа. Газъ производитъ работу, на которую поглащается теплота, какъ можно видѣть по отклоненію стрѣлки.

Мы начали, и надѣемся отъ этихъ простыхъ явленій, знакомыхъ каждому ребенку, возвыситься постепенно до уясненія себѣ законовъ, управляющихъ всѣми естественными явленіями.

ПРИБАВЛЕНІЕ КЪ 1-Й ЛЕКЦІИ.

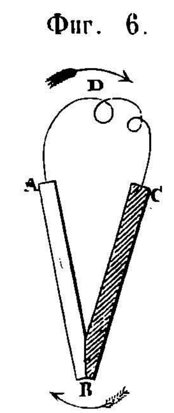
Замѣтка объ устройствѣ термо-электрическаго столбика.

Полоска сурьмы AB и полоска висмута BC спаиваются вмѣстѣ у конца B, причемъ свободные концы A и C соединяются проволокою ADC. При нагрѣваніи мѣста спая B, возбуждается электрическій токъ, который идетъ по направленію BADC. (Фиг. 6). Стрѣлки обозначаютъ направленіе тока.

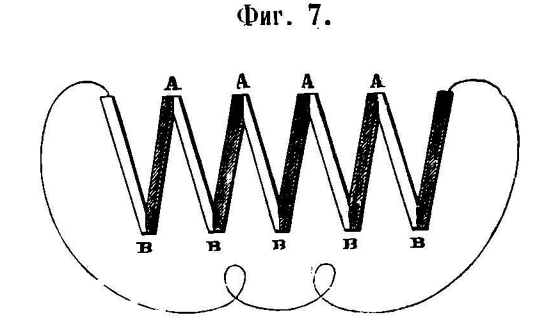
Если мѣсто соединенія будетъ охлаждено, то направленіе тока будетъ противоположно прежнему. Фиг. 6 представляетъ собою то, что называется термо-электрической парой. Соединеніемъ нѣсколькихъ термо-

электрическихъ паръ можетъ быть произведенъ токъ гораздо сильнѣе того, который возбуждается только одною парою. Фиг. 7 представляетъ подобное устройство; сѣрыя полоски означаютъ бруски

Фиг. 6.

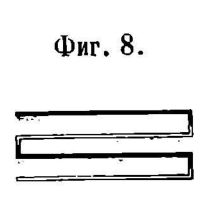


Фиг. 7.

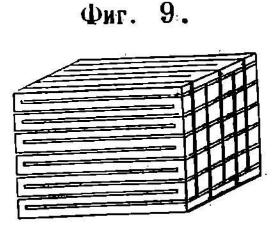


висмута, свѣтлыя же бруски сурьмы. Нагрѣвая всѣ спаи BB и пр. мы возбуждаемъ въ каждомъ изъ нихъ токъ; и всѣ они направляются въ одну сторону, и сумма ихъ составляетъ токъ гораздо сильнѣе того, который мы получили бы отъ одной пары. Нѣтъ надобности, чтобы разстояніе между пластинками сурьмы и висмута было такъ велико, какъ показано на фигурѣ; оно можетъ быть сокращено безъ поврежденія термо-электрическимъ парамъ. Когда нужно уложить нѣсколько паръ въ небольшой объемъ, то каждая пара устроивается какъ показано на фиг. 8, гдѣ черными линіями означаются полоски висмута, а бѣлыми полоски сурьмы, спаянныя своими концами и отдѣленныя одна отъ другой полосками бумаги. Собраніе соединенныхъ такимъ образомъ паръ составляетъ термоэлектрическій столбикъ,

Фиг. 8.



Фиг. 9.



изображеніе котораго находится на фиг. 9. Извѣстно, что при нагрѣваніи спая токъ постоянно направляется отъ висмута къ сурьмѣ, и одинъ взглядъ на фиг. 8. покажетъ намъ, что нагрѣваніемъ спаевъ AA мы возбудимъ токъ, противоположный по своему направленію тому, который происходитъ при нагрѣваніи спаевъ BB. Теплота, дѣйствуя на противоположныя стороны столбика, производитъ токи, противоположныя по своему направленію. При одинаковости температуры обѣихъ сторонъ столбика токи нейтрализируется, какъ бы ни была высо-

ка температура; если же одна изъ сторонъ теплѣе другой, то возбуждаетъ токъ, обязанный своимъ происхожденіемъ разницѣ въ температурѣ обѣихъ поверхностей столбика, и, въ извѣстныхъ предѣлахъ, сила тока совершенно пропорціональна этой разности.

Термо-электрическій токъ можно получать нагрѣвая спаи почти всякой пары металловъ; но болѣе сильный возбуждается на спаѣ сурьмы и висмута.

Объ устройствѣ гальванометра.

Присутствіе и направленіе электрическаго тока въ проволокѣ могутъ быть обнаружены дѣйствіемъ тока на свободно висящую магнитную стрѣлку.

Но магнитная сила земли удерживаетъ такую стрѣлку въ направленіи магнитнаго меридіана, и, для того, чтобы токъ могъ повернуть стрѣлку, онъ долженъ преодолѣть магнитную силу земли. Поэтому очень слабые токи едва поворачиваютъ ее, и для того, чтобы сдѣлать замѣтнымъ дѣйствіе даже такихъ токовъ, есть два средства:

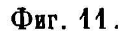
1) Проволоку, въ которой проходитъ токъ, наматываютъ нѣсколько разъ на четырехъ-угольную рамку, въ которой помѣщаютъ магнитную стрѣлку. Каждый оборотъ проволоки отклоняетъ стрѣлку, и потому дѣйствіе тока становится во столько разъ сильнѣе, сколько оборотовъ проволоки; такимъ образомъ мы умножаемъ дѣйствіе тока.

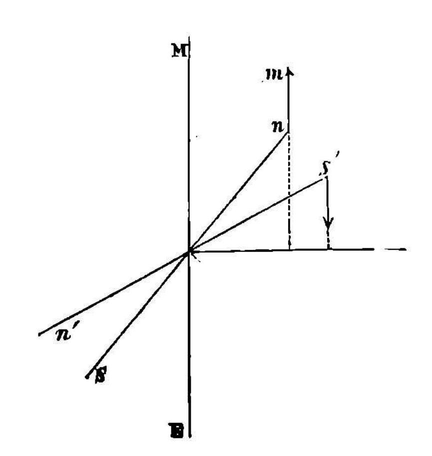
2) Дѣйствіе тока будетъ усилено, когда мы устранимъ направляющую силу земли, не уничтоживши при этомъ магнетизма стрѣлки. Этого достигаютъ прикрѣпляя двѣ магнитныя стрѣлки къ вертикальному столбику такъ, чтобы одна стрѣлка находилась надъ другою, и чтобы южный полюсъ верхней стрѣлки находился надъ сѣвернымъ полюсомъ нижней (фиг. 10). Эта двойная стрѣлка привѣшивается такъ, чтобы верхняя стрѣлка находилась надъ рамкою, на которую намотана проволока, а нижняя— внутри рамки; для этого обыкновенно дѣлаютъ въ рамкѣ отверстіе, въ которое продѣваютъ вертикальный столбикъ, соединяющій стрѣлки. Если бы обѣ стрѣлки находились внутри рамки, то электрическій токъ стремился бы отклонить стрѣлку въ противоположныя стороны, вслѣд-

Фиг. 10.

ствіи чего стрѣлки не отклонялись бы вовсе. Но когда одна стрѣлка находится надъ рамкою, а другая въ рамкѣ, то токъ отклоняетъ обѣ стрѣлки въ одну сторону.

Чтобы приготовить такую пару стрѣлокъ, ихъ обыкновенно намагничиваютъ до насыщенія, т. е. какъ можно больше, и потомъ вѣшаютъ подъ стеклянный колоколъ, чтобы предохранить стрѣлку отъ движенія воздуха. Если одна стрѣлка намагничена сильнѣе другой, то обѣ стрѣлки станутъ въ направленіи магнитнаго меридіана, такъ что сѣверный полюсъ сильнѣйшей магнитной стрѣлки будетъ обращенъ къ сѣверу. Прикасаясь къ сильнѣйшей стрѣлкѣ небольшимъ магнитомъ, можно ослабить ея магнетизмъ, и когда обѣ стрѣлки будутъ одинаковой силы, то онѣ образуютъ съ магнитнымъ меридіаномъ прямой уголъ. Казалось бы, что когда стрѣлки совершенно равносильны, то двойная стрѣлка должна бы сдѣлаться совершенно *астатическою,* и магнитная сила земли не должна бы направлять ее въ какую-бы то ни было сторону, такъ что положеніе стрѣлки должно бы зависѣть только отъ крученія нити, на которой она привѣшена. Это было бы въ такомъ случаѣ, еслибы магнитныя оси обѣихъ стрѣлокъ, т. е. линіи, соединяющія полюсы, находились въ одной вертикальной плоскости. Но такая математическая точность почти невозможна въ практикѣ. Если ns и s'n' (фиг. 11.) представляютъ направленія магнитныхъ стрѣлокъ, а ME—магнитный меридіанъ, гдѣ M — сѣверный полюсъ, то магнитная сила земли будетъ тянуть *n* по направленію nm, на *s'* же она будетъ дѣйствовать по противоположному направленію, какъ показываетъ стрѣлка. Хотя бы силы полюсовъ *n* и *s* были одинаковы, но сила, дѣйствующая на *s'* будетъ преодолѣвать ту, которая дѣйствуетъ на *n* до тѣхъ поръ, пока продолженія обѣихъ силъ не будутъ пересѣкать линіи, перпендикулярной къ магнитному меридіану, въ одной точкѣ, — а это будетъ въ томъ случаѣ, когда линія, дѣлящая уголъ между стрѣлками пополамъ, будетъ перпендикулярна къ магнитному меридіану. Знающій законы рычага легко пойметъ это.


Фиг. 11.



Такимъ образомъ, перпендикулярность стрѣлокъ къ магнитному меридіану служитъ доказательствомъ равносильности ихъ. Для того чтобы достигнуть этого, нужно бываетъ иногда потратить нѣсколько часовъ. Замѣтимъ впрочемъ, что совершенная равносильность стрѣлокъ необходима только при очень точныхъ опытахъ. Въ большей же части случаевъ довольствуются несовершенно астатическою стрѣлкою.

Когда силы стрѣлокъ уравнены, является новое затрудненіе. На совершенно астатическую стрѣлку дѣйствуютъ малѣйшія количества желѣза, которое всегда содержится въ мѣдной, обмотанной шолкомъ, проволокѣ гальванометра. Этого желѣза достаточно, чтобы отклонить стрѣлку отъ настоящаго ея положенія. Чтобы избѣгнуть этого, Меллони предлагалъ тянуть мѣдныя проволки для гальванометровъ сквозь агатовыя отверстія, желая такимъ образомъ избѣгнуть прикосновенія мѣди къ желѣзу или стали. Предлагали также употреблять чистое серебро вмѣсто мѣди.

Изъ этого видно, что приготовленіе хорошей проволки для гальванометра вообще весьма затруднительно. Лучше всего выбирать эти проволки съ помощью магнита. Мѣдь—діамагнитна и, слѣдовательно, отталкивается магнитомъ. Если къ мѣдной проволокѣ будетъ примѣшано желѣзо, то она будетъ притягиваться, что доказываетъ ея негодность. Чистая мѣдная проволка отталкивается магнитомъ. Нужно также обращать вниманіе на цвѣтъ шелка, которымъ обматана проволока, потому что въ иныхъ краскахъ содержится желѣзо, и какъ ни мало его тамъ, но оно производитъ замѣтное отклоненіе стрѣлки.

ЛЕКЦІЯ II.

Свойства теплоты. Матеріальная теорія. Динамическая теорія. Измѣненіе температуры движущагося воздуха. Образованіе теплоты при вращеніи мѣднаго круга между полюсами магнита. Опыты Румфорда, Деви, Джаула. Механическій эквивалентъ теплоты. Теплота, образующаяся при движеніи и ударахъ снарядовъ, выбрасываемыхъ огнестрѣльными орудіями. Теплота, которая образовалась бы вслѣдствіи прекращенія движенія земли. Метеорная теорія солнечной теплоты. Пламя по его отношенію къ динамической теоріи.

Въ прошлой лекціи мы рядомъ опытовъ объясняли образованіе теплоты механическимъ дѣйствіемъ. Мы замѣтили, что она легко развивается при треніи, сжатіи и ударѣ. Но одни факты не удовлетворяютъ насъ; мы хотимъ доискаться внутренней, невидимой причины ихъ и дойти до начала, вызывающаго эти явленія. Почему теплота образуется при механическомъ дѣйствіи? и какія существенныя свойства этого образовавшагося такимъ образомъ дѣятеля? — На эти вопросы отвѣчаютъ двѣ противуположныя теоріи, одна изъ нихъ—матеріальная—до послѣдняго времени имѣла большое число приверженцевъ, и только немногіе изъ замѣчательныхъ людей не принимали ее. Эта теорія объясняетъ нѣкоторыя явленія очень просто, и отъ этого то и зависѣло то, что она была всѣми принята. Она предполагаетъ, что теплота есть вещество, тончайшая жидкость, наполняющая промежутки между частицами тѣлъ. Гмелинъ, напримѣръ, въ своемъ руководствѣ въ химіи, опредѣляя теплоту называетъ ее «тѣмъ веществомъ, которое, проникая въ наши тѣла, возбуждаетъ ощущеніе теплоты, а удаляясь изъ нихъ—ощущеніе холода.» Онъ также говоритъ, что теплота соединяется съ тѣлами, какъ вѣсомыя вещества между собою; и многіе другіе замѣчательные химики разсматривали этотъ предметъ съ той же точки зрѣнія.

Образованіе теплоты посредствомъ механическаго дѣйствія, представляло большое затрудненіе приверженцамъ этой теоріи, потому что количество такимъ образомъ добываемой теплоты можетъ быть неогра-

ничено. Но они были знакомы съ тѣмъ фактомъ (въ слѣдующей лекціи я объясню его пространнѣе), что разныя тѣла способны содержать, если можно такъ выразиться, разныя количества теплоты. Возьмите по фунту воды и ртути и нагрѣйте каждый изъ нихъ, напримѣръ, отъ 50 до 60 градусовъ. Абсолютное количество теплоты, нужное для возвышенія температуры воды на 10° ровно въ 30 разъ болѣе количества ея, требуемаго для того же ртутью. На техническомъ языкѣ говорятъ, что вода обладаетъ большею *теплоемкостью*, нежели ртуть. Одинъ терминъ «теплоемкость» даетъ понятіе о значеніи, которое придавали этому свойству тѣлъ. Предполагали, что вода имѣетъ способность скоплять теплородную жидкость и поглащать ее въ такомъ количествѣ, что для одинаковаго согрѣванія одинаковыхъ количествъ воды и ртути, для воды потребуется теплоты въ тридцать разъ больше, чѣмъ для ртути. Каждое вещество, въ большей или меньшей мѣрѣ, способно содержать большее или меньшее количество теплоты. Такъ, напримѣръ, свинецъ содержитъ ее, и нагрѣваніе свинцовой пули при сжиманіи объяснялось приверженцами матеріальной теоріи слѣдующимъ оброзомъ: несжатый свинецъ, говорили они, обладаетъ большею теплоемкостью, чѣмъ тотъ же свинецъ, когда онъ сжатъ. Сжиманіемъ уменьшается объемъ пространствъ между атомами, а потому при сдавливаніи свинца теплота, которая до того времени могла въ немъ содержаться, должна обнаружиться, такъ какъ сжатое вещество не можетъ болѣе удерживать ее сполна. Почти также объясняли проявленіе теплоты и при ударѣ. Приверженцы матеріальной теоріи не допускали возможности образовать новую теплоту. По ихъ понятіямъ количество теплоты во вселенной так же постоянно, какъ и количество обыкновенной матеріи, и все, что мы можемъ сдѣлать механическими и химическими дѣйствіями, это скрыть теплоту или вытѣснить ее наружу изъ тѣхъ мѣстъ, гдѣ она скрывается.

Динамическая или, какъ иногда ее называютъ, механическая теорія теплоты не признаетъ вещественности теплоты. Приверженцы этой теоріи полагаютъ, что теплота не матерія, но особенное состояніе матеріи, именно: движеніе ея малѣйшихъ частицъ. Непосредственныя наблюденія нѣкоторыхъ явленій теплоты приводятъ проницательный умъ почти невольно къ заключенію, что теплота есть родъ движенія. Бэконъ держался подобнаго же взгляда; а Локкъ выразилъ его особенно удачно. «Теплота, говоритъ онъ, есть очень быстрое движеніе непримѣтныхъ частицъ тѣла, производящее въ насъ ощущеніе, по которому мы называемъ это тѣло теплымъ. То, что въ отношеніи къ нашимъ ощущеніямъ

есть теплота, само по себѣ есть ничто иное, какъ движеніе.» Въ первой лекціи я упомянулъ объ опытѣ Румфорда (см. прибавленіе къ этой лекціи) при сверленіи пушки. Онъ показалъ, что теплые опилки, отдѣляющіеся при этомъ, не измѣнили своей теплоемкости; онъ взялъ эти опилки и спросилъ своихъ противниковъ, не думаютъ ли они, что все большое количество теплоты, обнаружившееся при сверленіи, было выдавлено изъ этого небольшого количества растертаго метала. «Вы не дали себѣ труда, долженъ былъ онъ прибавить, разузнать, произвело ли треніе какое нибудь измѣненіе въ теплоемкости металла? Вы скоро придумываете объясненія явленіямъ, желая спасти вашу теорію отъ разрушенія, и не хотите дознаться, не порождены ли эти объясненія вашею собственною фантазіею.» Теоріи необходимы; но иногда онѣ дѣйствуютъ на насъ подобно наркотическимъ средствамъ; люди пристращаются къ нимъ, какъ пристращаются къ крѣпкимъ напиткамъ, и часто испытываютъ недовольство и раздраженіе, когда лишаются средствъ, возбуждавшихъ воображеніе. Въ этомъ отношеніи еще вразумительнѣе опытъ Дэви. Ледъ есть твердая вода, и теплоемкость его вполовину менѣе теплоемкости жидкой воды. Количество теплоты, которое бы возвышало температуру фунта льда на 10°, возвысило бы температуру фунта воды только на 5°. Чтобы расплавить кусокъ льда, требуется огромное количество теплоты, при чемъ она совершенно поглощается или скрывается, такъ что не производитъ никакого дѣйствія на термометръ. Мы разберемъ подробнѣе вопросъ о скрытой теплотѣ въ слѣдующей лекціи; теперь же замѣтимъ, что жидкая вода при замерзаніи обладаетъ значительно большимъ количествомъ теплоты, чѣмъ ледъ той же самой температуры. Дэви разсуждалъ такъ: «Если я треніемъ распускаю ледъ и образую вещество, содержащее въ себѣ абсолютно гораздо больше теплоты, чѣмъ ледъ, то въ этомъ случаѣ нельзя утверждать ни на какомъ основаніи, что я заставляю помощію тренія, обнаружиться теплоту, скрывающуюся во льду, такъ какъ количество теплоты во льду составляетъ только незначительную часть того, которое содержится въ водѣ». Онъ дѣйствительно распустилъ ледъ дѣйствіемъ теплоты, произведенной треніемъ, и этотъ опытъ впервые доказалъ невещественность теплоты. (*)

При ударѣ молотомъ колокола, движеніе молота останавливается; но сила его не уничтожается: она производитъ въ колоколѣ колебанія,

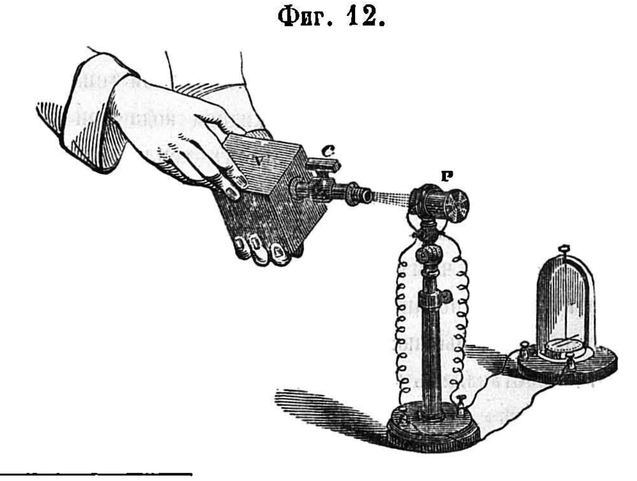
(*) Этотъ опытъ Дэви долженъ быть производимъ въ холодномъ про-

сообщающія слуховому нерву впечатленія звука. Также при паденіи молота на свинцовую пулю, движеніе его было остановлено, но не уничтожено; *оно сообщилось частицамъ свинца* и заявило себя, произведя въ нашихъ нервахъ ощущеніе теплоты. И такъ теорія, такъ сильно защищаемая Румфордомъ и такъ искусно поддержанная Деви (*), разсматриваетъ теплоту, какъ родъ молекулярнаго движенія, и полагаетъ, что это движеніе можетъ быть возбуждено треніемъ, сжатіемъ и ударомъ, также какъ и горѣніемъ. Мы постепенно будемъ развивать эту теорію въ нашихъ лекціяхъ, пока она не уяснится для васъ совершенно.

Помните, что мы вступаемъ въ темный лѣсъ и не должны расчитывать на расчищенныя дороги; не ожидайте, что намъ легко будетъ отыскать дорогу. Но такимъ образомъ мы ознакомимся съ общимъ характеромъ нашей работы и, при надлежащей настойчивости, надѣюсь, будемъ въ состояніи преодолѣть всѣ затрудненія.

Въ первой лекціи мы указали на то, что происходитъ, когда струя сжатаго воздуха направлена на поверхность термо-электрическаго столбика: снарядъ былъ охлаждаемъ этою струею. Теперь мы знаемъ, что теплота развивается при сжиманіи воздуха. Предположимъ, что сосудъ, содержащій въ себѣ сжатый воздухъ, сдѣланъ изъ вещества, совершенно непроницаемаго для теплоты, и что вся теплота, образовавшаяся при

Фиг. 12.



странствѣ, чтобы можно было утверждать, что теплота, расплавивша ледъ, произведена исключительно треніемъ. *А. Ш.*

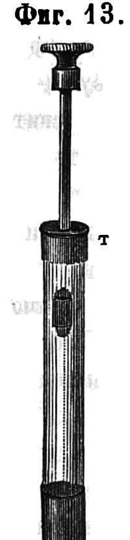
(**) Дэви въ первомъ своемъ мемуарѣ называетъ теплоту отталкиваю щимъ движеніемъ, которое, по его словамъ, увеличивается разными сре ствами: превращеніемъ механическаго движенія, т. е. тренія или удар въ отталкивающее. Въ этомъ случаѣ механическое движеніе, потерянно

сжиманіи воздуха, удерживается внутри, и увидимъ, что это количество теплоты можетъ возвратить сжатый воздухъ къ прежнему его объему и температурѣ. Но сосудъ (Фиг. 12) не непроницаемъ для теплоты, и я не имѣлъ тогда въ виду показать развитіе теплоты посредствомъ сжиманія воздуха. Поэтому я предоставилъ сосуду охладиться и потерять всю теплоту, произведенную сжиманіемъ, пока температура воздуха внутри и внѣ сосуда, не стала одинакова. Оттого-то воздухъ, выходящій изъ сосуда, не могъ обнаружить теплоты, развившейся въ немъ при сжиманіи. Теплота же, отъ которой зависѣла упругость воздуха, доставала только на то, чтобы поддерживать въ немъ температуру окружающаго воздуха. При производствѣ работъ потратилась часть этой теплоты, соотвѣтствующая произведенной работѣ, и, слѣдовательно, вытекавшій воздухъ долженъ былъ охладиться.

Не смущайтесь, если эти разсужденія кажутся вамъ несовсѣмъ ясными; мы теперь какъ бы въ потемкахъ, но по мѣрѣ того, какъ мы будемъ подвигаться далѣе, появится свѣтъ, и освѣтитъ оставшіяся за нами темныя мѣста.

Можно сдѣлать очевиднымъ образованіе теплоты при сжиманіи воздуха. Вотъ крѣпкая стеклянная трубка (фиг. 13), совершенно гладкая внутри. Она снабжена поршнемъ, непроницаемымъ для воздуха; опуская поршень, я могу сильно сжимать подъ нимъ воздухъ, при чемъ мгновенно образуется теплота. Это можно доказать. Возьмемъ кусокъ ваты, смоченный летучею жидкостью, называемою двусѣрнистымъ углеродомъ, и опустимъ ее на короткое время въ трубку, въ которой распространятся пары этой жидкости. Вынимаемъ вату, потомъ внезапно опускаемъ поршень; при этомъ въ трубкѣ появляется свѣтъ. Теплоты, развившейся отъ сжатія, было достаточно для воспламененія паровъ. Положимъ опять эту вату въ трубку, опустимъ поршень, и вы снова замѣтите тамъ свѣтъ. Еслибы выдувать изъ трубки дымъ, происходящій при горѣніи пара, то можно было бы не вынимая ваты, повторить опытъ до 20 разъ.

Фиг. 13.



Вотъ еще опытъ, которымъ я хочу показать вамъ измѣненіе температуры и количества теплоты, происходящее

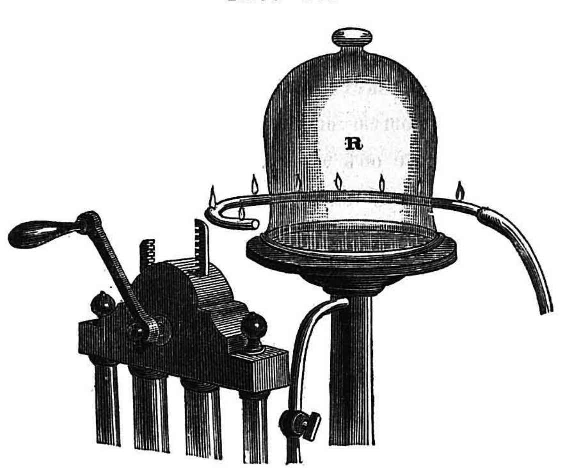
массами при треніи или ударѣ, становится отталкивающимъ движеніемъ, пріобрѣтаемымъ ихъ атомами.» Мѣсто это чрезвычайно замѣчательное. Дальнѣйшія выписки изъ этой статьи я помѣстилъ въ прибавленіи къ 3-й лекціи.

въ томъ случаѣ, когда воздухъ производитъ механическое дѣйствіе. Жестяная трубка, задѣланная съ обоихъ концовъ, соединена съ воздушнымъ насосомъ и наполнена воздухомъ. Я подношу термо-электрическій столбикъ къ ея изогнутой поверхности, и снарядъ показываетъ, что трубка нѣсколько теплѣе окружающаго воздуха. Если привесть въ дѣйствіе воздушный насосъ, то воздухъ въ цилиндрахъ его разрѣжается, а воздухъ, находящійся въ жестяной трубкѣ, стремится вслѣдствіе своей собственной упругости въ опустѣвшие цилиндры насоса. Мы уже видѣли охлаждающее дѣйствіе струи сжатаго воздуха на поверхность столбика; въ настоящемъ же опытѣ мы видимъ теплородное состояніе не струи воздуха, но сосуда, въ которомъ произошла работа. По разрѣженіи воздуха въ трубкѣ, стрѣлка, показывавшая прежде, что трубка теплѣе воздуха, при дѣйствіи насоса движется, какъ было сказано, въ направленіи, показывающемъ охлажденіе. Три удара поршня на столько охлаждаютъ трубку, что стрѣлка отодвигается до 90°. Потребовалось бы довольно много времени на то, чтобы трубка приняла температуру окружающаго воздуха. Стрѣлка теперь стоитъ довольно покойно на большомъ разстояніи отъ нуля, въ сторону холода. Впустимъ въ трубку количество воздуха, равное вытянутому изъ нея воздушнымъ насосомъ минуту тому назадъ. Отворотимъ этотъ кранъ; воздухъ войдетъ, и каждый изъ его атомовъ ударится о стѣнку трубки, причемъ поступательное движеніе атомовъ уничтожается, и образуется теплота въ количествѣ, соотвѣтствующемъ ихъ движеніямъ. Вошедшій такимъ образомъ воздухъ долженъ развить теплоту на столько, чтобы вновь согрѣть трубку, измѣнить настоящее отклоненіе стрѣлки по другую сторону нуля. Вотъ воздухъ уже вошелъ въ трубку, и стрѣлка своимъ отклоненіемъ указываетъ на согрѣваніе столбика.

Обратимъ вниманіе на любопытное явленіе, находящееся въ соотношеніи съ охлажденіемъ воздуха при разрѣженіи. Поставимъ на пластину воздушнаго насоса большой стеклянный колоколъ, наполненный теперь воздухомъ этой комнаты. Этотъ воздухъ, какъ всякій другой, за исключеніемъ развѣ искуственно высушеннаго, содержитъ въ себѣ водяные пары, совершенно невидимые глазу. Для такого непримѣтнаго состоянія паровъ требуется извѣстная температура, и если воздухъ будетъ холоднѣе, то пары тотчасъ сгущаются и образуютъ видимое облачко. Подобное облачко, которое, замѣтьте, не паръ, но жидкая вода, мелко раздробленная, образуется внутри стекляннаго сосуда R (фиг. 14), при вытягиваніи изъ него воздуха. Чтобы сдѣлать видимымъ это явленіе

для всѣхъ, здѣсь помѣщены шесть зажженныхъ маленькихъ газовыхъ рожковъ на полукругѣ, на половину окружающемъ колоколъ. Всякій видитъ черезъ стекло колокола одинъ или нѣсколько изъ этихъ рожковъ, и тусклость, произведенная образовавшимся облакомъ, обнаружитъ его присутствіе. Насосъ теперь дѣйствуетъ быстро и достаточно немногихъ ударовъ его поршня, чтобы сгустить пары. Они распространяются


Фиг. 14.



по всему колоколу, и нѣкоторые изъ васъ могутъ замѣтить окрашиваніе облака проходящимъ чрезъ него свѣтомъ, какъ это иногда замѣчается въ большомъ видѣ вокругъ луны.

Воздухъ, возвращаясь въ сосудъ, согрѣвается точно также, какъ это было въ опытѣ съ жестяною трубкою; облако разсѣевается, и возстановляется совершенная прозрачность воздуха въ сосудѣ. Опять разрѣжаемъ воздухъ, и снова образуется облако; опять входитъ въ сосудъ воздухъ, и облако исчезаетъ, потому что при этомъ развивается болѣе теплоты, чѣмъ сколько необходимо для того, чтобы пары были невидимы. Сэръ Гемфри Деви указываетъ въ своей «Философіи Химіи» на машину Схемница, въ которой воздухъ сжимался давленіемъ водянаго столба въ 260 ф. По открытіи крана для выпущенія воздуха, холодъ былъ такъ великъ, что не только осаждалъ пары, содержавшіеся въ воздухѣ, но заморозилъ ихъ и превратилъ въ массы снѣга; а трубка, изъ которой вытекалъ воздухъ, покрылась ледяными сосульками. «Др. Дарвинъ», пишетъ Деви, «очень остроумно объясняетъ образованіе снѣга на вершинахъ высочайшихъ горъ осажденіемъ паровъ изъ разрѣженнаго

воздуха, поднимающагося изъ долинъ и равнинъ. Анды, лежащіе почти подъ экваторомъ, возвышаются посреди жгучихъ песковъ: на срединѣ ихъ находится климатъ умѣренный и пріятный; вершины же покрыты постоянными снѣгами.» (*) X

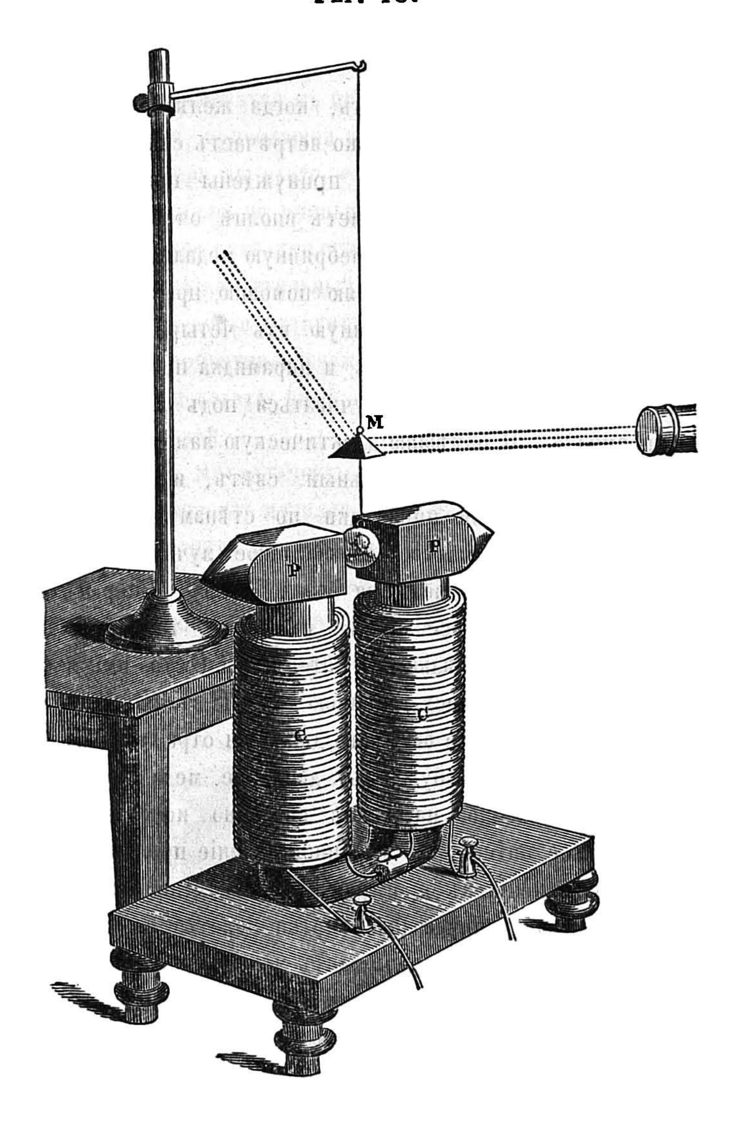
Обратимъ вниманіе на другой опытъ. Здѣсь теплота развивается дѣйствіемъ, которое должно показаться вамъ слишкомъ таинственнымъ, и въ самомъ дѣлѣ, наиболѣе свѣдущіе изъ насъ, собственно, очень мало знаютъ объ этомъ предметѣ. Я хочу образовать теплоту тѣмъ, что можетъ быть разсматриваемо, какъ треніе тѣла *о пустое пространство*. Дѣйствительно теплота можетъ образоваться и вѣроятно образуется треніемъ о среду, наполняющую все міровое пространство. Впослѣдствіи мы поговоримъ подробнѣе объ этомъ.

Вотъ два желѣзные цилиндра СС, обмотанные мѣдною проволокою (фиг. 15.) Когда пропустимъ электрическій токъ чрезъ проволоку, то желѣзо мгновенно превратится въ сильный магнитъ. Этотъ кусокъ желѣза крѣпко пристаетъ къ нему; къ куску же пристаютъ гвозди, ножи и всякія желѣзныя вещи. Если повернуть магнитъ полюсами внизъ, то онъ на каждомъ полюсѣ удержитъ полсотни пудовъ, да сверхъ того десяска два изъ самыхъ увѣсистыхъ людей, если они будутъ держаться за гири. Но какъ только электрическій токъ прерывается, желѣзо отпадаетъ отъ магнита, его магическое дѣйствіе исчезаетъ. Магнитъ теперь не больше, какъ простое желѣзо. На концы магнита я кладу два куска желѣза РР, такъ называемые подвижные полюсы Пока желѣзо не намагничено, я могу придвинуть ихъ одинъ къ другому на желаемое разстояніе; при прохожденіи же тока, эти куски желѣза становятся полюсами магнита. Между ними я помѣщаю вещество, которое самый сильный магнитъ не способенъ притянуть; это вещество, есть кусокъ серебра,—именно серебряная медаль. Я плотно прижимаю медаль къ воз-

(*) Здѣсь происходитъ тоже самое, что при истеченіи сжатаго воздуха изъ трубки. На нижніе слои воздуха давитъ вся атмосфера. Эти слои воздуха прикасаются къ поверхности земли, сильно нагрѣтой солнцемъ, сами нагрѣваются и расширяются; вслѣдствіе этого они становятся легче воздуха, лежащаго надъ ними, и потому тотъ опускается, нагрѣтый же воздухъ подымается вверхъ. Тамъ на него давитъ только та часть атмосферы, которая надъ нимъ находится, и слѣдовательно давленіе на воздухъ становится меньше прежняго, воздухъ вслѣдствіе этого расширяется и охлаждается. По мѣрѣ поднятія воздуха, расширеніе и охлажденіе его увеличивается, такъ что изъ него начинаютъ осаждаться пары, которые на большихъ высотахъ, гдѣ охлажденіе очень сильное, замерзаютъ. *А. Ш.*

бужденному магниту, но и при этомъ не обнаруживается никакого притяганія. На самомъ дѣлѣ магнитъ оказываетъ на серебро слабое дѣйствіе,—настолько слабое, что оно не можетъ быть замѣчено при нашемъ опытѣ, и при томъ отталкивательное, а не притягательное.

Фиг. 15.



Я привѣшиваю эту медаль между полосами PP магнита, и возбуждаю послѣдній, пропуская токъ чрезъ проволоку, обматывающую желѣзо. Медаль виситъ, не притягиваясь и не отталкиваясь; но когда я хочу ее

подвинуть, то встрѣчаю сопротивленіе съ ея стороны. Для того, что бы повернуть эту медаль, я долженъ преодолѣть сопротивленіе; теперь серебро движется, какъ бы погруженное въ липкую жидкость. Подобное же замѣчательное дѣйствіе магнитизма можетъ быть обнаружено еще слѣдующимъ образомъ. Если этою мѣдною пластинкою быстро двигать взадъ и впередъ, какъ пилою, между полюсами магнита, то будетъ казаться, что пластинка движется въ маслѣ или сырѣ, хотя между полюсами невидно ничего.

Ничего подобнаго нельзя замѣтить, когда желѣзо не намагничено; мѣдная пластина при движеніи только встрѣчаетъ слабое сопротивленіе воздуха. До сихъ поръ вы были принуждены принимать на вѣру мои слова; послѣдующій опытъ сдѣлаетъ вполнѣ очевиднымъ каждому это странное дѣйствіе магнита на серебрянную медаль.

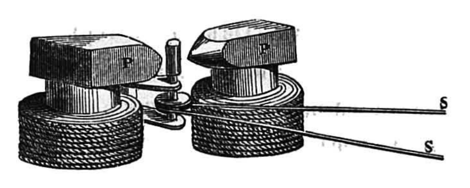
Къ висящей медали я прикрѣпляю помощію проволоки маленькую отражающую перамидку, составленную изъ четырехъ треугольныхъ кусковъ зеркальнаго стекла. Медаль и пирамидка привѣшены на скрученой ниткѣ, которая начнетъ раскручиваться подъ вліяніемъ тяжести медали и пирамидки. Я помѣщаю электическую лампу такъ, что бы на маленькую пирамидку подалъ сильный свѣтъ, и вы видите, какъ при поворотахъ зеркальной пирамидки по стѣнамъ и потолку комнаты двигается свѣтлое пятно, образованное лучами, отраженными отъ зеркалъ. Вотъ оно падаетъ на бѣлую стѣну. Сперва оно двигается медленно, потомъ все скорѣе и скорѣе, такъ что наконецъ нельзя уже различить отдѣльныхъ пятенъ, а вмѣсто ихъ мы видимъ великолѣпную свѣтлую полосу, длинною футовъ въ 20, которая образовалась на стѣнѣ вслѣдствіе быстраго движенія отражающихъ зеркалъ. Но какъ скоро магнитъ возбужденъ, движеніе медали тотчасъ прекращается, свѣтлая полоса на стѣнѣ внезапно исчезаетъ, и видно только одно свѣтлое пятно. Это странное явленіе произошло безъ всякаго видимаго измѣненія въ пространствѣ между полюсами. Замѣтьте слабое движеніе: раскручивающаяся нитка борется съ какимъ то невидимымъ противникомъ и производитъ это слабое движеніе. Тоже самое могло бы произойти, если бы медаль находилась не въ воздухѣ, а въ густой патокѣ. Я уничтожаю магнитизмъ, и сопротивленіе движенію медали сейчасъ же уничтожается, медаль по прежнему начинаетъ крутиться, появляются движущіеся пучки свѣта, и снова видна на стѣнѣ блестящая полоса. Я снова возбуждаю магнитъ, лучи становятся неподвижны.

Силою руки можно преодолѣть сопротивленіе и повернуть медаль, но для того нужно употребить усиліе. На что идетъ мое усиліе? оно превращается въ теплоту, и медаль, которую заставляютъ вращаться при такихъ обстоятельствахъ, согрѣвается. Многимъ изъ васъ извѣстны великія открытія Фарадея, показавшаго, что электрическіе токи возбуждаются, когда замкнутые проводники электричества приводятся въ движеніе между полюсами магнита. Въ вращающейся медали образуются такіе токи, и отъ нихъ то зависитъ нагрѣваніе медали. Но что такое эти токи? какъ они относятся къ пространству между полюсами магнита и къ силѣ моей руки, приводящей въ движеніе медаль и тѣмъ возбуждающей токи? Теперь мы этого еще не знаемъ, но скоро узнаемъ. Важность опыта нимало не уменьшается, если сила моей руки, прежде чѣмъ она обнаружится какъ теплота, является въ другомъ видѣ — въ видѣ электричества. Окончательный результатъ тотъ же: развившаяся подъ конецъ теплота соотвѣтствуетъ количеству силы, требуемой на движеніе медали въ сопротивляющемся этому движенію магнитномъ полѣ.

Я хочу теперь показать вамъ, что теплота дѣйствительно развивается въ этомъ случаѣ.

Вотъ массивный металлическій цилиндръ (фиг. 16), внутренняя часть котораго сдѣлана изъ металла болѣе плавкаго, нежели его внѣшняя обкладка, которая состоитъ изъ мѣди; внутренность же состоитъ изъ твердаго, но легко плавкаго олова. Я ставлю вертикально этотъ цилиндръ между конусами полюсовъ PP. магнита. Шнурокъ идетъ отъ цилиндра къ быстро вращаемуся кругу, вращеніе котораго заставляетъ вертѣться и цилиндръ. Онъ могъ бы кружиться хотя бы до страшнаго суда, не нагрѣваясь при этомъ, пока магнитизмъ въ железѣ не возбужденъ. Но какъ только магнитъ начнетъ дѣйствовать, то, надѣюсь, при этомъ образуется количество теплоты, для расплавленія внутренней части цилиндра. Двухъ минутъ достаточно для этого опыта. Цилиндръ кружится; верхній конецъ его открытъ, и я оставлю его открытымъ, пока брызги жидкаго метала не начнутъ выбрасываться изъ цилиндра. Брызги уже видны, хотя едва только прошла минута со времени начала опыта. Остановимъ движеніе на минуту, заткнемъ пробкою отверстіе цилиндра во избѣжаніе разбрыз-


Фиг. 16.



гиванія метала и будемъ продолжать опытъ еще съ полминуты. Теперь, я увѣренъ, вся масса внутренней части цилиндра расплавлена. Принимаю цилиндръ, вынимаю пробку, и вы видите, что расплавленный металъ выливается.

Теперь уже время разсмотрѣть съ большимъ вниманіемъ отношеніе теплоты, развиваемой механическимъ дѣйствіемъ, къ силѣ производящей это дѣйствіе. Мысль объ этомъ отношеніи безъ сомнѣнія приходила на умъ многимъ, прежде чѣмъ была ясно высказана и подтверждена опытами. Тѣмъ которые размышляли о жизненномъ процессѣ, объ измѣненіяхъ въ животномъ тѣлѣ и объ отношеніи силы, заключенной въ пищѣ, къ силѣ мускуловъ, естественно могла прійти мысль о взаимномъ отношеніи этихъ силъ. Слѣдовательно неудивительно, что человѣкъ, впервые уяснившій себѣ понятіе объ эквивалентности теплоты и механической работы, былъ медикъ. Др. Мейеръ изъ Гейлброна ясно выразилъ точное отношеніе, существующее между теплотой и работою, далъ число, извѣстное теперь подъ названіемъ механическаго эквивалента теплоты, и потдвердилъ этотъ законъ смѣлымъ примѣненіемъ его къ объясненію явленій. Тѣмъ не менѣе вся честь экспериментальной разработки этого важнаго предмета принадлежитъ Джаулю. Совершенно независимо отъ Мейера твердо стоя за принципъ, и неустрашась холодности, съ которою, казалось, были приняты его первые труды, онъ цѣлые годы старался доказать постоянство отношенія между теплотою и обыкновенною механическою силою. Онъ налилъ воды въ сосудъ, волновалъ воду лопатками, приводимыми въ движеніе силами извѣстной величины, и опредѣлилъ количество теплоты, развившейся при движеніи, и количество работы, истраченной на этотъ процессъ. Тоже самое онъ сдѣлалъ съ ртутью и съ китовымъ жиромъ. Онъ также теръ чугунные круги одинъ о другой и измѣрилъ теплоту, при этомъ образовавшуюся, также какъ и силу, употребленную на преодолѣніе тренія. Пропускалъ воду чрезъ волосныя трубочки, и опредѣлялъ количество теплоты, произведенной треніемъ жидкости о стѣнки сосудовъ. Результатъ его опытовъ не оставляетъ въ умѣ и тѣни сомнѣнія въ томъ, что одна и таже сила во всѣхъ этихъ случаяхъ производитъ одинаковое количество теплоты: извѣстное количество силы производитъ одинаковое количество теплоты, истратится ли эта сила на треніе чугунныхъ круговъ, или же на произведеніе движеній въ водѣ, ртути или жирѣ. Вообще въ концѣ различныхъ этихъ опытовъ температуры были неодинаковы. Температура воды, напримѣръ, составляла всего $^1/_{30}$ температуры ртути потому что теплоемкость воды въ 30 разъ болѣе теплоемкости

ртути. Джауль обратилъ на это вниманіе при вычисленіи результатовъ своихъ опытовъ и нашелъ, что какъ бы температуры ни отличались вслѣдствіе различія въ теплоемкости употребляемыхъ веществъ; но обсолютное количество теплоты, развиваемое потребленіемъ одной и той же силы, во всѣхъ случаяхъ одинаково.

Такимъ образомъ было найдено, что количество теплоты, нагрѣвающее 1 ф. воды, на 1°. F, равно той теплотѣ, которая бы образовалась при ударѣ о землю фунтовой гири, упавшей съ высоты 772 ф. И обратно: количество теплоты, необходимое для нагрѣванія 1 ф. воды на 1° F, употребленное на механическую работу, можетъ поднять фунтовую гирю на высоту 772 ф , или поднять 772 фунта на одинъ футъ. Терминъ фунто-футъ былъ введенъ для того, чтобы обозначить поднятіе 1 фунта на 1 ф. Если мы примемъ за единицу то количество теплоты, которое возвышаетъ температуры одного фунта воды на 1° F., то 772 фунто-фута составятъ то, что называется *механическимъ эквивалентомъ* теплоты. Чтобы запечатлѣть въ вашемъ умѣ явленіе нагрѣванія производимаго паденіемъ тѣлъ съ нѣкоторой высоты, сдѣлаемъ одинъ опытъ; именно бросимъ свинцовый шарикъ съ потолка на землю. Въ настоящую минуту шарикъ нѣсколько холоднѣе воздуха этой комнаты, что доказывается отклоненіемъ стрѣлки при прикосновеніи его къ термо-электическому столбику. Шарикъ долженъ упасть на помѣщенную на полу желѣзную плиту, которая, замѣтьте, также холоднѣе воздуха этой комнаты. Высота слишкомъ незначительна, чтобы одно паденіе могло достаточно нагрѣть шарикъ, и потому я заставляю его подать 3 или 4 раза сряду. Послѣ четвертаго паденія можно, я думаю, испытать температуру свинца. Положимъ шарикъ, бывшій сначала холоднымъ, на столбикъ, и мгновенное отклоненіе стрѣлки покажетъ намъ, что онъ согрѣтъ. Эта теплота образовалась единственно вслѣдствіе уничтоженія движенія шарика при ударѣ его о желѣзную плиту. Въ смыслѣ нашей теоріи, общее механическое движеніе всей массы шарика передалось ея атомамъ, произведя и между ними движеніе, называемое нами теплотою.

Каково же все количество образовавшейся такимъ образомъ теплоты?

Пространство, проходимое всякій разъ падающимъ шарикомъ, равняется 26 ф., и развивающаяся при этомъ теплота пропорціональна высотѣ, съ которой падаетъ тѣло. Свинцовый шарикъ, проходя 722 ф., разовьетъ на столько теплоты, что возвыситъ свою собственную темпе-

ратуру на 30 град., такъ какъ теплоемкость его составляетъ $^1/_{30}$ теплоемкости воды. При паденіи тѣла съ высоты 26 ф., составляющей круглымъ числомъ $^1/_{30}$ 772 ф., образовавшаяся теплота, если бы она была вся собрана въ свинцѣ, возвысила бы его температуру на одинъ градусъ. Такое количество теплоты возбуждается однимъ паденіемъ шарика; а въ 4 раза большее ея количество было бы возбуждено, разумѣется, четырьмя его паденіями.

Но образовавшаяся теплота не вся собирается въ шарикѣ, а раздѣляется между нимъ и желѣзомъ, на которое онъ падаетъ. Нѣтъ нужды говорить, что если движеніе сообщено тѣлу не тяжестью, а чѣмъ нибудь другимъ, то прекращеніе этого движенія также производитъ теплоту. Ружейная пуля, ударяясь въ щитъ, сильно нагрѣвается. Съ помощью механическаго эквивалента теплоты можно вычислить совершенно точно количество теплоты, развиваемое пулею, если скорость послѣдней намъ извѣстна. Этотъ предметъ достоенъ нашего вниманія, и съ нимъ обращусь я къ тѣмъ изъ моихъ слушателей, которые незнакомы даже съ началами механики. Каждый знаетъ, что чѣмъ болѣе высота, съ которой падаетъ тѣло, тѣмъ больше сила, съ которою оно ударяется о землю, и что эта сила прямо зависитъ отъ большей скорости, пріобрѣтаемой тѣломъ при паденіи его съ большей высоты. Скорость, пріобрѣтаемая тѣломъ, не пропорціональна, однако, высотѣ, съ которой оно подаетъ. Если высота увеличивается въ четыре раза, то скорость только въ два раза; при увеличеніи высоты въ девять разъ, скорость возрастаетъ въ три раза; при увеличеніи высоты въ 16 разъ, скорость увеличивается въ 4 раза, или, говоря вообще, скорости пропорціональны корнямъ квадратнымъ изъ высотъ, съ которыхъ падаетъ тѣло. Теплота, производимая ударомъ падающаго тѣла, пропорціональна высотѣ съ которой упало тѣло, и слѣдовательно пропорціональна квадрату скорости. И такъ, если мы удвоимъ скорость брошеннаго тѣла то учетверимъ теплоту, развиваемую уничтоженіемъ его движенія; если утроимъ скорость, то теплоту увеличимъ въ 9 разъ, учетверимъ скорость увеличимъ теплоту въ 16 разъ и т. д. Скорость, сообщаемая тѣлу силою тяжести при паденіи съ высоты 772 ф., равняется круглымъ числомъ 223 ф. въ секунду,— такова его скорость именно въ то время, когда оно достигаетъ земли.

Это число, увеличенное въ шесть разъ, не превышаетъ обыкновенной скорости ружейной пули. Но въ ружейной свинцовой пулѣ, двигающейся со скоростью 223 ф. въ секунду, при ударѣ въ щитъ развилось

бы количество теплоты, способное, еслибы оно все было собрано въ пулѣ, возвысить ея температуру на 30°; съ увеличеніемъ скорости въ 6 разъ количество теплоты должно увеличиться въ 36 разъ, и такъ 36 разъ 30°, или 1080°, представили бы повышеніе температуры ружейной пули, ударяющей въ щитъ со скоростью 1338 ф. въ секунду, если бы вся образовавшаяся теплота сконцентрировалась въ одной пулѣ. Этой теплоты болѣе чѣмъ достаточно для расплавленія свинца; но на дѣлѣ только часть ея остается въ пулѣ; другая же переходитъ въ щитъ. Будь пуля желѣзная, а не свинцовая, то развившаяся теплота, при предполагаемыхъ условіяхъ, могла бы возвысить температуру пули только на $^1/_3$ 1080°, такъ какъ теплоемкость желѣза въ 3 раза болѣе теплоемкости свинца.

Послѣ всего сказаннаго, я думаю, покажется яснымъ, что, зная скорость и тяжесть брошеннаго тѣла, легко можно вычислить количество теплоты, развиваемой уничтоженіемъ его движенія. Такъ напр., зная тяжесть земли и быстроту ея движенія въ пространствѣ, можно опредѣлить, посредствомъ простаго вычисленія, точное количество тепла, которое бы образовалось при предполагаемой остановкѣ движенія земли по ея орбитѣ. Можно узнать также, на сколько возвысилась бы въ этомъ случаѣ температура водянаго шара, равнаго землѣ по объему Мейеръ и Гельмгольцъ сдѣлали это вычисленіе и нашли, что количество теплоты, развившейся при такомъ громадномъ ударѣ, совершенно могло бы не только расплавить всю землю, но и превратить большую часть ея въ пары. Итакъ, вслѣдствіе остановки движенія земли, всѣ ея составныя части были бы расплавлены. Количество этой теплоты было бы равно количеству, произведенному сожженіемъ 14 шаровъ угля, равныхъ своею величиною землѣ. А паденіе земли на солнце, которое случилось бы непремѣнно вслѣдствіе остановки ея движенія, образовало количество тепла, равное бы количеству, произведенному сожженіемъ 5,000 такихъ же угольныхъ шаровъ.

Свѣдѣнія, теперь вамъ сообщенныя, навели ученыхъ, разсматривающихъ какимъ образомъ солнце поддерживало свою теплоту и свѣтъ, на предположенія, что теплота и свѣтъ его происходятъ вслѣдствіе изобильнаго паденія метеоровъ на солнечную поверхность.

Нѣкоторые ученые принимаютъ зодіакильный свѣтъ за тучу метеоровъ, изъ которой, по ихъ предположенію, падаютъ и къ намъ метеоры. Каково бы не было достоинство этой теоріи, во всякомъ случаѣ несо-

мнѣнно то, что упомянутое паденіе метеоровъ можетъ произвести свѣтъ и теплоту солнца. Что же касается достовѣрности или ложности этого заключенія, то я не нахожу необходимости высказывать свое мнѣніе; скажу только, что теорія указываетъ на причину, которая была бы въ состояніи произвести приписываемыя ей слѣдствія.

Перейдемъ теперь отъ солнца къ малѣйшимъ тѣламъ въ природѣ. Здѣсь снова является во всемъ блескѣ могущество человѣческаго ума. Наше разсужденіе примѣняется не только къ солнцу и планетамъ, но также и къ малѣйшимъ частицамъ, изъ которыхъ составлено вещество. Многіе изъ васъ знаютъ исторію алмаза; Ньютонъ, предупредивъ открытія новѣйшей химіи, принялъ его за сгараемое вещество. Теперь каждый знаетъ, что эта блестящая драгоцѣнность состоитъ изъ одинаковаго вещества съ обыкновеннымъ, древеснымъ углемъ и графитомъ. Алмазъ есть чистый уголь, а уголь горитъ въ кислородѣ. Вотъ алмазъ, поддерживаемый петелькою платиновой проволки; я нагрѣваю его до красна и опускаю въ банку, наполненную кислородомъ. Посмотрите, какъ онъ запылалъ въ немъ, и теперь горитъ, подобно звѣздѣ, чистымъ, бѣлымъ пламенемъ. Какъ представимъ мы себѣ то, что здѣсь происходитъ? Точно также, какъ вы представили себѣ паденіе метеоровъ на солнце. Понятія, по своему качеству, одинаковы, и одно изъ нихъ не труднѣе другаго. Представьте себѣ, что атомы кислорода ударяютъ со всѣхъ сторонъ на алмазъ, къ чему побуждаетъ ихъ такъ называемое химическое сродство. Сила эта представляется намъ, какъ притяженіе, производящее такое же механическое дѣйствіе, какъ и сила тяжести. Каждый атомъ кислорода, ударяясь о поверхность алмаза, и уничтожая свое поступательное движеніе при столкновеніи съ углемъ, начинаетъ колебаться, и мы называемъ это колебаніе теплотою. Оно такъ сильно, притяженіе частицъ такъ могущественно, что кристалъ остается раскаленнымъ до бѣла, а смѣсь, составленная соединеніемъ его атомовъ съ атомами кислорода, улетучивается въ видѣ углекислаго газа.

Перейдемъ отъ алмаза къ обыкновенному пламени. Какое его строеніе? Внутренняя часть пламени состоитъ изъ чистаго, несожженнаго газа; около пламени находится кислородъ воздуха. Внѣшняя часть горючаго газа соприкасается съ воздухомъ, и тутъ атомы, сталкиваясь одни съ другими, производятъ свѣтъ и теплоту. Дѣйствительное строеніе пламени достойно нашего исключительнаго вниманія, и свѣдѣніями въ этомъ предметѣ мы обязаны одному изъ превосходнѣйшихъ изслѣдованій Деви. Свѣтильный газъ есть углеводородъ; онъ состоитъ изъ

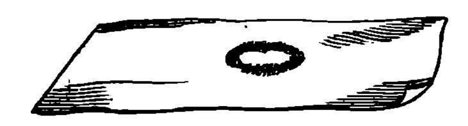
химическаго соединенія угля и водорода. Изъ этого прозрачнаго газа, при несовершенномъ его сожиганіи, отдѣляется копоть и сажа. Поверхность сложнаго газа находится въ присутствіи кислорода воздуха, и лишь только мы нагрѣваемъ газъ, притяженіе становится такъ велико, что онъ воспламеняется. Кислородъ находится въ присутствіи двухъ составныхъ частей газа и соединяется съ тою изъ нихъ, къ которой, при существующихъ обстоятельствахъ, имѣетъ большее сродство. Онъ сначала соединяется съ водородомъ и оставляетъ уголь свободнымъ. Твердыя частицы угля, во множествѣ разсѣянныя въ горящемъ веществѣ, раскаляются до бѣла, и отъ нихъ преимущественно зависитъ свѣтъ нашихъ лампъ. Уголь, однако, въ извѣстное время соединяется съ кислородомъ и превращается или долженъ превратиться въ углекислоту; но переходя отъ соединеннаго съ нимъ прежде водорода къ кислороду, онъ находится нѣкоторое время въ свободномъ состояніи, и тогда то показываетъ все великолѣпіе своего свѣта. Горѣніе свѣчи происходитъ точно такимъ же образомъ, какъ и горѣніе газа. Вотъ зажженная сальная или восковая свѣча (фиг. 17). Фитиль загорается и растапливаетъ сало у своего основанія, жидкость подымается по фитилю вслѣдствіе капиллярности, и теплотою превращается въ паръ. Этотъ паръ есть углеводородъ, горящій подобно газу. Внутри этого пламени также находится несожженный газъ, снаружи обыкновенный воздухъ, а между ними слой, составляющій поле сраженія сталкивающихся атомовъ, на которомъ развивается свѣтъ и теплота. Едва ли есть въ природѣ что-нибудь прекраснѣе горящей свѣчи. Вы видите вогнутый бассейнъ, наполненный расплавленною массою, которая подымается по фитилю, и тамъ испаряется. Вы видите завостренную сверху форму и строеніе пламени, къ которому притекаютъ со всѣхъ сторонъ струи воздуха для удовлетворенія его нуждамъ. Его красота, блескъ и подвижность служили любимымъ символомъ духовныхъ существъ, и анализъ, сдѣланный Деви, не только не уменьшилъ удовольствія, съ которымъ мы смотримъ на пламя, но болѣе чѣмъ когда-нибудь сдѣлалъ наблюденіе надъ нимъ пріятнымъ для просвѣщеннаго человѣка. Теперь вы можете ясно представить въ своемъ воображеніи строеніе пламени. Вы должны видѣть

Фиг. 17.



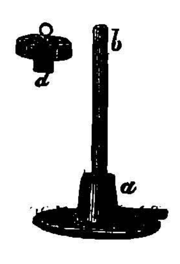
его внутреннюю, негорящую часть, окруженную горящимъ слоемъ, сквозь который постоянно проходятъ составныя части свѣчи отъ внутренней части пламени къ окружающему воздуху. Въ свѣчѣ вы видите полый конусъ горящаго вещества. Вообразите, что онъ разрѣзанъ горизонтально; но въ разрѣзѣ вы получите горящее кольцо. Я дѣйствительно перерѣзываю пламя пополамъ, опуская кусокъ бѣлой бумаги на свѣчу до тѣхъ поръ, пока она не касается фитиля. Смотрите на поверхность бумаги (фиг. 18): соотвѣтственно горящему кольцу пламени, она прогораетъ кольцеобразно. Тоже самое и съ пламенемъ газа. внутри кольца бумага не обугливается, такъ какъ въ этомъ мѣстѣ къ ней прикасается несожженный паръ свѣчи или несожженная струя газа.

Фиг. 18.



И такъ, отъ твердыхъ частицъ углерода зависитъ преимущественно свѣтъ нашихъ ламиъ; но существованіе такихъ частицъ предполагаетъ отсутствіе кислорода, который бы тотчасъ соединялся съ ними. Еслибы кислородъ, въ моментъ отдѣленія частицъ углерода отъ водорода, соединился съ этими частицами, то уничтожилъ бы ихъ свободное состояніе, и вмѣстѣ съ тѣмъ уничтожилъ бы ихъ свѣтъ. Смѣшивая достаточное количество воздуха съ газомъ, выходящимъ изъ рожка, такъ чтобы кислородъ проникъ въ средину пламени, мы тѣмъ самымъ уничтожимъ его свѣтъ. Вотъ рожекъ, придуманный Бунзеномъ съ цѣлью уничтожить свѣтъ быстрымъ сжиганіемъ частицъ углерода. Рожекъ, изъ котораго вытекаетъ газъ, помѣщается въ трубкѣ; на нѣкоторомъ разстояніи отъ конца трубки сдѣланы отверстія, черезъ которыя входитъ воздухъ, смѣшивается тамъ съ газомъ, такъ что изъ трубки выходитъ смѣсь газа съ воздухомъ. Фиг. 19 представляетъ родъ такого рожка. Газъ входитъ въ просверленную камеру *a*, смѣшивается тамъ съ воздухомъ и подымается вмѣстѣ съ нимъ по трубкѣ *ab*; *d* есть металлическая лейка съ маленькими отверстіями. Надѣвъ ее на трубку *b*, мы можемъ увеличить ширину пламени. Зажжемъ смѣсь, и вы почти не замѣтите свѣта. Это безсвѣтное пламя гораздо жарче обыкновеннаго огня, потому что горѣніе въ этомъ случаѣ быстрѣе и, слѣдовательно, сильнѣе. Закрывъ отверстія въ *a*, мы

Фиг. 19.



прекращаемъ смѣшеніе газа съ воздухомъ, и пламя становится свѣтлымъ. Освѣщающая сила газа можетъ быть опредѣлена количествомъ воздуха, которое должно быть къ нему примѣшано для того, чтобы сдѣлать его пламя несвѣтлымъ. Чѣмъ болѣе въ газѣ угля, тѣмъ болѣе для того требуется воздуха.

Интересное наблюденіе можетъ быть сдѣлано въ одинъ изъ вѣтреныхъ вечеровъ въ Лондонѣ надъ внезапнымъ погашеніемъ свѣта газовыхъ рожковъ. Вѣтромъ кислородъ механически доносится до самой середины пламени, бѣлый свѣтъ котораго тотчасъ блѣднѣетъ и становится синеватымъ. Во время праздничныхъ иллюминацій замѣчается тоже явленіе. Уничтоженіе бѣлаго свѣта, какъ и въ рожкѣ Бунзена, объясняется притокомъ большого количества кислорода, которое мгновенно соединяется съ углеродомъ пламени.

Опредѣлить вліяніе высоты надъ уровнемъ моря на быстроту горѣнія было одною изъ задачъ моего путешествія на Альпы въ 1859 г. По счастью для науки я пригласилъ д-ра Франкланда сопровождать меня и заняться опытами горѣнія, себя же посвятилъ наблюденіямъ солнечныхъ лучей. Мы распорядились такимъ образомъ: купили шесть свѣчей въ Шамуни и тщательно взвѣсивъ ихъ, зажгли на одинъ часъ въ Hôtel de l'union, послѣ чего опредѣлили потерю ихъ вѣса. Тѣже свѣчи были взяты на вершину Монблана, и горѣли въ продолженіи часа въ палаткѣ, совершенно защищавшей ихъ отъ дѣйствія вѣтра. Видъ шести огней удивилъ насъ обоихъ: они казались призраками пламени, произведеннаго этими же свѣчами въ долинѣ Шамуни. Блѣдный, слабый, маленькій огонекъ ихъ заставлялъ предполагать значительное уменьшеніе силы горѣнія. По возвращеніи мы опять взвѣсили свѣчи и, сверхъ чаянія, увидѣли, что количество стеарина, сожженнаго на верху, было почти равно количеству, сгорѣвшему внизу. На горѣ яркость пламени уменьшилась въ необычайной степени, сила же горѣнія осталась на верху таже, что и внизу. Этотъ любопытный результатъ приписываютъ преимущественно подвижности воздуха на такой большой высотѣ. Частицы кислорода свободно проникаютъ въ пламя, уничтожая его свѣтъ, при чемъ меньшее число этихъ частицъ замѣняется быстротою ихъ притока.

Эти опыты послужили Франкланду основаніемъ очень интереснаго мемуара. Онъ показываетъ, что количество свѣчи, сжигаемое въ данное время, не зависитъ въ значительной степени отъ плотности воздуха: дѣло въ томъ, что увеличивая сжиманіемъ воздуха число частицъ,

соприкасающихся съ пламенемъ, мы почти въ той же степени уменьшаемъ ихъ подвижность, и тѣмъ замедляемъ горѣніе. Кромѣ того, когда излишекъ воздуха окружаетъ пламя, то его охлаждающее дѣйствіе замедляетъ окончательное сгораніе твердыхъ частицъ угля. Одинъ изъ прекрасныхъ результатовъ изслѣдованій Франкланда состоитъ въ томъ, что сгущеніемъ окружающаго воздуха блѣдное и неотдѣляющее копоти пламя спиртовой лампы можно сдѣлать свѣтлымъ, подобнымъ пламени угольнаго газа. И дѣйствительно, съ увеличеніемъ такого сгущенія, оно отдѣляетъ копоть, потому что въ этомъ случаѣ менѣе подвижной кислородъ не можетъ произвести совершеннаго сгоранія угля.

Но возвратимся къ нашей теоріи горѣнія. Свѣтъ и теплота пламени зависятъ отъ столкновенія частичекъ кислорода воздуха съ составными частями газа или свѣчи. Я разсыпаю стальныя опилки въ пламени, и вы замѣчаете появившіяся вслѣдствіе горѣнія стали искры, напоминающія своимъ блескомъ мерцаніе звѣздъ; сталь нагрѣвается до тѣхъ поръ, пока притяженіе между нею и кислородомъ не станетъ достаточнымъ для ихъ соединенія, и блескъ, подобный молніи, происходитъ вслѣдствіе этого столкновенія частичекъ стали и кислорода. Ударами атомовъ кислорода объ атомы сѣры производится пламя, замѣчаемое при горѣніи сѣры въ кислородѣ или воздухѣ; отъ столкновенія тѣхъ же атомовъ съ фосфоромъ зависитъ сильная теплота и тусклый свѣтъ при сожиганіи фосфора въ кислородѣ. Столкновеніе хлора съ сурьмою производитъ свѣтъ и теплоту, замѣчаемые при смѣшиваніи этихъ тѣлъ вмѣстѣ; отъ столкновенія атомовъ мѣди и сѣры, нагрѣваемыхъ вмѣстѣ, происходитъ воспламененіе.

Короче, всѣ случаи горѣнія приписываются столкновенію атомовъ, причина котораго находится въ ихъ взаимномъ притяженіи.

ПРИБАВЛЕНІЕ КО II ЛЕКЦІИ.

Извлеченія изъ двадцатаго афоризма второй книги «Novum Organum.»

Говоря о теплотѣ, какъ о родѣ движенія, я не хочу подразумѣвать подъ этимъ того, что теплота производитъ движеніе, или движеніе производитъ теплоту (хотя то и другое вѣрно въ извѣстныхъ случаяхъ); но полагаю, что теплота сама, по своей сущности, есть движеніе и ничто другое. Это движеніе имѣетъ, конечно, свои свойственныя ему

особенности, но прежде нежели начать говорить о нихъ, я долженъ, во избѣжаніе двусмысленности, взять нѣкоторыя предосторожности....

Не нужно смѣшивать вида теплоты со свойствомъ ея сообщаться другимъ тѣламъ, переходить въ нихъ, свойствомъ, посредствомъ котораго тѣло нагрѣвается, прикасаясь къ другому теплому тѣлу. Теплота и нагрѣваніе двѣ вещи разныя: теплота можетъ быть произведена треніемъ безъ всякой предшествующей теплоты. Теплота есть расширительное движеніе, вслѣдствіе котораго тѣло стремится расшириться, разтянутся и достигнуть большаго размѣра. Эту особенность движенія мы наиболѣе замѣчаемъ въ пламени; въ немъ видимо расширяются и распространяются копоть и густой паръ. Она также выказывается при кипяченіи всякой жидкости, которая видимо надувается, подымается, въ ней появляются пузыри и процессъ расширенія продолжается до тѣхъ поръ, пока жидкость не превратится въ тѣло, несравненно большаго объема, именно: въ паръ, дымъ или воздухъ. Третее отличіе теплоты состоитъ въ томъ, что она есть расширительное движеніе не всей массы вообще, но малѣйшихъ ея частицъ, и въ тоже время движеніе останавливаемое и отражаемое, такъ что частицы тѣла пріобрѣтаютъ перемѣжающееся движеніе, постоянно колеблются съ большою напряженностью, преодолѣвая сопротивленія; напряженность ихъ движеній увеличивается еще вслѣдствіе столкновенія ихъ другъ съ другомъ и отъ этого зависитъ ярость огня и теплоты.

Такое отличіе теплоты выказывается и тогда, когда воздухъ расширяется въ цилиндрическомъ сосудѣ, не преодолѣвая никакихъ препятствій или сопротивленій, т. е. движется ровно и однообразно, — теплоты здѣть не обнаруживается. Также не замѣчается очень сильной теплоты и въ томъ случаѣ, когда воздухъ, вытекая изъ мѣста, въ которомъ былъ заключенъ, движется съ большою быстротою, потому что здѣсь движется цѣлое тѣло безъ перемѣжающихся движеній частицъ. Эта отличительная особенность свойственна также холоду; его способность производить сжиманіе задерживается стремленіемъ къ расширенію, точно также какъ въ теплотѣ расширеніе задерживается стремленіемъ къ сжиманію. И такъ, приближаются ли частицы одна къ другой или удаляются,—слѣствія этого для частицъ бываютъ одинаковы.

И такъ, изъ этихъ положеній слѣдуетъ, что формулировать или правильно опредѣлить понятіе о теплотѣ, говоря о теплотѣ въ отношеніи ея ко вселенной, а не только въ отношеніи къ человѣку, нужно слѣдующимъ образомъ: теплота есть движеніе расширяющее, задерживаемое

и сообщаемое малѣйшимъ частицамъ тѣлъ. Расширеніе происходитъ по всѣмъ направленіямъ, въ томъ числѣ и вверхъ; сопротивленіе, испытываемое движущимися частицами, также особеннаго рода: оно не пассивное, но побуждающее и притомъ съ большою силою.

Извлеченіе изъ опытовъ Румфорда, извѣстныхъ подъ названіемъ: «Изслѣдованія источника теплоты, возбуждаемой треніемъ.

Румфордъ, приглашаемый посмотрѣть сверленіе пушки въ мастерской военнаго арсенала, въ Мюнхенѣ, былъ поражонъ громаднымъ количествомъ теплоты, развивающейся въ короткое время при сверленіи, и высокою температурою, превышающею температуру кипячей воды, металлическихъ стружекъ, отдѣленныхъ отъ пушки буравомъ. Онъ задалъ себѣ слѣдующіе вопросы: «откуда является теплота, проявляющаяся въ вышеупомянутомъ механическомъ дѣйствіи? Не производится ли она металлическими стружками, отдѣленными отъ метала?» Еслибы это было такъ, то теплоемкость частей металла, превращенныхъ въ стружки, не только должна была бы измѣниться, но измѣненіе должно быть достаточно велико для того, чтобы ему можно было приписать всю проявившуюся теплоту. Но такого измѣненія не происходитъ: стружки, какъ оказалось, имѣли туже теплоемкость, какую нашли въ кускахъ того же металла, отрѣзанныхъ тонкою пилою, причемъ нагрѣваніе ихъ было устранено. Отсюда ясно, что образовавшаяся теплота не могла быть слѣдствіемъ обнаруженія скрытой теплоты металлическихъ стружекъ. Румфордъ подробно описываетъ эти опыты, и они дѣйствительно убѣдительны. Онъ также устроилъ цилиндръ съ извѣстнымъ уже намѣреніемъ развить теплоту треніемъ; большой, затупленный буравъ долженъ былъ сверлить дно цилиндра, между тѣмъ какъ этотъ послѣдній вращался около своей оси силою лошадей.

Для измѣренія развиваемой теплоты, въ цилиндрѣ было просверлено маленькое круглое отверстіе, въ которое вводился небольшой ртутный термометръ, цилиндръ вѣсилъ 113 ф.

Буравъ состоялъ изъ плоскаго куска закаленной стали 0,63 дюйма толщины, 4 дюйма длины и почти одинаковой ширины съ полостью, просверленною въ цилиндрѣ, именно $3^1/_2$ дюйма.

Площадь поверхности, которою конецъ его соприкасается съ дномъ цилиндра, была около $2^1/_2$ д. При началѣ опыта, температура воздуха въ тѣни, также какъ и цилиндра, составляли 60° F. Къ концу 30 ми-

нутъ, послѣ того какъ цилиндръ сдѣлалъ 960 оборотовъ вокругъ своей оси, температура его поднялась до 130° F; принявъ буравъ, онъ вынулъ металлическій порошокъ, отдѣленный отъ дна цилиндра твердою сталью бурава, и опредѣлилъ его вѣсъ въ 837 грановъ. Возможно ли, сказалъ онъ, чтобы такое большое количество теплоты — количество, которое возвысило температуру болѣе чѣмъ 113 ф. пушечнаго металла по крайней мѣрѣ, на 70° F, могло быть отдѣлено этою незначительною долею металлическаго порошка, и только вслѣдствіе измѣненія его теплоемкости.

«Не настаивая на невѣроятности этого предположенія, вспомнимъ только результаты настоящихъ опытовъ, произведенныхъ съ намѣреніемъ уяснить это явленіе. Они показываютъ намъ, что по превращеніи метала, изъ котораго приготовлялись пушки, въ металическія стружки, не замѣчается измѣненія въ его теплоемкости и нѣтъ никакого основанія думать, что они могли бы болѣе измѣниться, еслибъ металлъ былъ превращенъ посредствомъ менѣе остраго бурава въ болѣе мелкій порошокъ.»

Потомъ онъ поставилъ цилиндръ въ продолговатый сосновый ящикъ содержавшій воду, такъ что цилиндръ могъ въ немъ вращаться, не наполняясь водой; буравъ сверлилъ дно цилиндра. Ящикъ наполнили водой, пока цилиндръ не покрылся ею совершенно, и тогда приборъ былъ приведенъ въ дѣйствіе. Въ началѣ опыта температура была въ 60°. «Результатъ этого прекраснаго опыта», пишетъ Румфордъ, «былъ поразителенъ, и удовольствіе, доставленное имъ мнѣ, вознаградило за всѣ хлопоты, которыхъ стоило придумываніе и устройство сложнаго снаряда. Цилиндръ былъ приведенъ въ дѣйствіе; спустя короткое время я опустилъ руку въ воду, дотронулся до наружной части цилиндра и нашелъ, что теплота уже образовалась.

Къ концу часа температура жидкости, вѣсившей 18,77 ф., поднялась на 47°, т. е. дошла до 107 градусовъ. Спустя еще 30 минутъ или 1 ч. 30 м. послѣ того, какъ снарядъ былъ приведенъ въ дѣйствіе, температура воды дошла до 142°.

Къ концу двухъ часовъ отъ начала опыта температура была въ 178°, къ концу 2 час. и 20 мин. въ 200° и къ концу 2 час. 30 мин. вода дѣйствительно кипѣла.»

По поводу этого опыта Румфордъ описалъ удивленіе присутствовавшихъ при немъ, о чемъ я уже говорилъ въ первой лекціи.

Онъ тщательно опредѣлилъ количество теплоты въ каждой части

снаряда, и по вычисленіи нашелъ это количество достаточнымъ для того, чтобы поднять 26, 58 ф. холодной какъ ледъ воды на точку ея кипѣнія или на 180°; потомъ онъ вычислилъ, что вся эта теплота равнялась количеству ея, произведенному сожженіемъ 2303,8 грановъ воска. Онъ опредѣлилъ быстроту, съ которою развивалась теплота и слѣдующимъ образомъ высказалъ результаты своихъ вычисленій: «вычисленія показываютъ, что количество теплоты, постоянно производимое или выдѣляющееся, если можно такъ выразиться, при треніи стальнаго бурава о дно полаго металическаго цилиндра, превышаетъ количество, образующееся при горѣніи 9 восковыхъ свѣчей, имѣющихъ $^3/_4$ д. въ діаметрѣ и горящихъ яркимъ и свѣтлымъ пламенемъ. Сила одной лошади была бы достаточна для произведенія работы, хотя въ настоящемъ опытѣ мы взяли двухъ лошадей. Такимъ образомъ теплота можетъ быть производима исключительно силою лошади, и, въ случаѣ надобности, этою теплотою можно пользоваться для приготовленія пищи. Нельзя представить себѣ случая, въ которомъ было бы выгодно получать такимъ образомъ теплоту: мы получимъ гораздо больше теплоты сожигая непосредственно кормъ, чѣмъ заставляя работать лошадь, питающуюся этимъ кормомъ.»

Послѣднее замѣчаніе чрезвычайно важно. Оно показываетъ намъ, что Румфордъ ясно понималъ отношенія животной силы къ пищѣ, и что сила не образуется въ тѣлѣ животнаго.

«Обдумывая результаты всѣхъ этихъ опытовъ, мы естественно приходимъ къ важному вопросу, — предмету довольно частыхъ размышленій ученыхъ, — именно что такое теплета? существуетъ ли огненная жидкость? существуетъ ли вещество, которое можно бы было назвать теплородомъ? Мы видѣли, что очень большое количество теплоты можетъ быть возбуждено треніемъ двухъ металлическихъ поверхностей. Разсуждая объ этомъ предметѣ, не должно забывать того замѣчательнаго обстоятельства, что источникъ теплоты, производимой треніемъ въ этихъ опытахъ, очевидно остается неистощимымъ. Необходимо также прибавить, что нельзя принимать за матеріальное вещество того, что можетъ постоянно и безконечно производиться однимъ тѣломъ или даже цѣлою системою ихъ, — и мнѣ кажется очень труднымъ, если не невозможнымъ, ясно себѣ представить то, что возбуждалось и сообщалось въ этихъ опытахъ, если это не будетъ движеніе.»

Когда будутъ писать исторію динамической теоріи теплоты, то не должны пропустить безъ вниманія имени человѣка, который, вопреки

ученымъ вѣрованіямъ своего времени, могъ производить опыты и разсуждать о нихъ, какъ это сдѣлалъ Румфордъ въ своихъ, описанныхъ здѣсь, изслѣдованіяхъ. Врядъ ли кто-нибудь послѣ него сдѣлалъ болѣе рѣшительное опроверженіе вещественности теплоты и болѣе убѣждающее въ томъ, что теплота, какъ разсматривалъ ее Румфордъ, есть движеніе.

О сжиманіи воздуха, содержащаго въ себѣ пары двусѣрнистаго углерода.

Чрезвычайно странное явленіе было неоднократно замѣчено при опытахъ надъ двусѣрнистымъ углеродомъ. Насытивши воздухъ этими парами, выкачивали возможно лучше воздухъ изъ трубки, въ которой оставалась лишь очень небольшая часть паровъ. Тогда впускали сухой воздухъ въ трубку для того, чтобы очистить ее. По вторичномъ выкачиваніи, послѣ немногихъ ударовъ поршня воздушнаго насоса, чувствовали ударъ и слышался родъ взрыва, между тѣмъ какъ изъ цилиндровъ насоса тотчасъ начиналъ выходить густой синеватый дымъ. Дѣйствіе происходило въ насосѣ, и никогда не распространялось назадъ въ испытываемую трубку.

Это явленіе замѣчалось только при опытахъ надъ двусѣрнистымъ углеродомъ. Его можно, я думаю, объяснить слѣдующимъ образомъ: газъ, находящійся подъ поршнемъ, чтобы открыть клапанъ поршня, долженъ быть въ извѣстномъ напряженіи; сжиманія, необходимаго для такого дѣйствія, достаточно на то, чтобы составныя части двусѣрнистаго углерода соединились съ кислородомъ воздуха. Такое соединеніе конечно происходитъ, въ чемъ насъ убѣждаетъ легко отличаемый запахъ сѣрнистой кислоты. Чтобы подтвердить это мнѣніе, я испыталъ дѣйствіе, происходящее при сжиманіи паровъ двусѣрнистаго углерода въ нагнетательномъ насосѣ. Кусокъ пакли или ваты, смоченный двусѣрнистымъ углеродомъ и помѣщенный въ насосѣ, испускалъ блестящую полосу свѣта при сжиманіи воздуха. Выдувая дымъ изъ стеклянной трубки, можно было повторить этотъ опытъ надъ тѣмъ же кускомъ ваты до 20 разъ. Нѣтъ надобности даже оставлять смоченную вату въ насосѣ; вбросивъ ее туда и также быстро выбросивъ вонъ, мы при сжиманіи воздуха замѣчаемъ свѣтъ въ насосѣ. Чистый кислородъ производитъ болѣе сильный свѣтъ, чѣмъ атмосферный воздухъ. Эти факты согласуются съ вышеизложеннымъ объясненіемъ.

ЛЕКЦІЯ III.

Расширеніе твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ. Гипотезы относительно строенія газовъ. Коэфиціентъ расширенія. Теплота, сообщаемая газу при постоянномъ давленіи. Теплота, сообщаемая газу при постоянномъ его объемѣ. Вычисленія механическаго эквивалента теплоты Мейеромъ. Расширеніе газовъ безъ охлажденія. Абсолютный нуль температуры. Расширеніе жидкостей и твердыхъ тѣлъ. Отступленіе воды и висмута отъ общаго закона. Напряженность кристализующей силы. Измѣненіе температуры растягиваемой проволоки и резинной ленты.

Вниманіе, оказываемое вами предмету послѣ встрѣтившихся уже трудностей, позволяетъ мнѣ надѣяться, что и настоящіе наши опыты не будутъ напрасны. Мнѣ не нужно говорить вамъ, что ничто важное не исполняется и не усвоивается безъ труда. Ньютонъ приписываетъ разницу, существующую между нимъ и другими людьми, своему терпѣнію съ которымъ онъ постоянно разсматривалъ вопросъ, пока не уяснялъ его себѣ совершенно. И если у насъ достанетъ твердости слѣдовать его примѣру, то, безъ сомнѣнія, мы достигнемъ должнаго вознагражденія.

Мы видѣли, что масса свинца, при паденіи на нее молота, согрѣлась, какъ только остановилось движеніе этого молота. Прежде полагали, что сила молота истратилась при его ударѣ о свинецъ. Прежде думали, что упругія тѣла возстановляютъ часть теряемой такимъ образомъ силы, потому что они своею упругостью. отбрасываютъ падающую массу, а при столкновеніи тѣлъ неупругихъ сила удара считалась потерянною. Согласно съ настоящими нашими понятіями, это было важною ошибкою: теперь мы не допускаемъ потери силы, но предполагаемъ, что, при остановкѣ движенія падающаго молота, происходитъ просто измѣненіе, какъ бы превращеніе силы, а не уничтоженіе ея. Движеніе всей массы превратилось въ движеніе ея частицъ. Это движеніе теп-

лоты, хотя и сильное, совершается на весьма малыхъ пространствахъ и движущіяся частицы слишкомъ малы для того, чтобы можно было замѣтить ихъ движеніе. Если не глаза, то проницательный умъ можетъ открыть и изслѣдовать этотъ процессъ.

Мы должны предположить, что частицы твердыхъ тѣлъ, соединяемыя силою сцѣпленія, могутъ совершать маленькія колебанія. Вы можете представить себѣ, что частицы колеблются около своихъ положеній равновѣсія, и чѣмъ болѣе сообщается тѣлу теплоты, или чѣмъ больше механическое дѣйствіе удара, сжатія или тренія, тѣмъ сильнѣе колебанія частичекъ и тѣмъ больше амплитуды этихъ колебаній. Нѣтъ ничего естественнѣе такого движенія частицъ; онѣ какъ бы хотятъ занять большее пространство, отталкиваютъ другъ друга, при чемъ объемъ тѣла, которое состоитъ изъ такихъ частицъ, увеличивается. Поэтому-то, слѣдствіемъ сообщенія теплоты тѣламъ, бываетъ вообще увеличеніе ихъ объема. Вскорѣ мы хорошенько разсмотримъ нѣкоторыя кажущіяся уклоненія отъ этого закона. Силою сцѣпленія частицы удерживаются вмѣстѣ, силою теплоты они отталкиваются одна отъ другой; тутъ дѣйствуютъ двѣ противоположныя силы, отъ которыхъ зависитъ молекулярное состояніе тѣла. Положимъ, что теплота продолжаетъ сообщаться тѣлу; каждая малѣйшая частица ея увеличиваетъ отталкиваніе частицъ и увеличиваетъ разстояніе между ними, при чемъ сила ихъ сцѣпленія уменьшается; слѣдовательно, по мѣрѣ того, какъ отталкивающая сила теплоты увеличивается, ея противникъ слабѣетъ, пока наконецъ частицы не освободятся на столько отъ подчиненія силъ сцѣпленія, что дѣлаются свободными, и не только движутся около своего положенія равновѣсія, но обращаются и скользятъ одна возлѣ другой. Сцѣпленіе еще не совсѣмъ уничтожились, но оно на столько ослаблено, что оказывая еще сопротивленіе удаленію частицъ, не препятствуетъ имъ совершать боковыя движенія одной около другой. Тогда тѣло бываетъ въ жидкомъ состояніи.

Внутри жидкой массы движеніе каждой частицы стѣснено окружающими ее атомами. Положимъ, что жидкому тѣлу сообщается достаточное количество теплоты. Что произойдетъ при этомъ? Частицы разрушаютъ послѣднія узы сцѣпленія и образуютъ паровые пузыри. Если одна изъ поверхностей жидкости свободна, т. е. на нее не давитъ ни жидкое, ни твердое тѣло, то легко понять, что верхнія колеблющія частицы оторвутся отъ жидкости и будутъ двигаться въ пространствѣ съ извѣстною скоростью. Вещество, освобожденное такимъ образомъ отъ

вліянія сцѣпленія, является въ видѣ пара или газа. Я хочу познакомить васъ съ общими понятіями о движеніи частичекъ. Уже было сказано, что колебаніе частицъ твердыхъ тѣлъ причиняетъ расширеніе тѣлъ. Нѣкоторые думали, что частицы обращаются одна около другой, и что теплота, увеличивая скорость движенія частицъ, увеличиваетъ вмѣстѣ съ тѣмъ и центробѣжную силу, удаляетъ частицы одну отъ другой. Вотъ тяжесть, прикрѣпленная къ спиральной пружинѣ. Когда я заставляю тяжесть кружиться около моей руки, то она какъ-бы отлетаетъ отъ меня, растягивая пружину, а по мѣрѣ того, какъ я ускоряю быстроту обращенія, пружина растягивается все болѣе и болѣе, и разстояніе между моею рукою и тяжестью увеличивается. Думали, что увеличеніе разстоянія между частицами тѣлъ при нагрѣваніи происходитъ также оттого, что частицы обращаются одна около другой. Положимъ, что мы ускоряемъ движеніе нашей гирьки, пока не лопнетъ пружина; гирька, оторвавшись, будетъ двигаться по касательной къ своей прежней орбитѣ и представитъ собою атомъ, освобожденный теплотою отъ силы сцѣпленія, которая въ нашемъ опытѣ представляется пружиною, не позволявшею тяжести удаляться отъ руки. Понятія наиболѣе свѣдущихъ ученыхъ о свойствахъ движенія, называемаго нами теплотою, не имѣютъ пока достаточной опредѣленности. Но уже важно то, что теплота разсматривается какъ родъ движенія; болѣе же точное опредѣленіе ея свойствъ будетъ предметомъ дальнѣйшихъ изслѣдованій.

Мы можемъ примѣнить понятіе о движеніи атомовъ къ объясненію нѣкоторыхъ свойствъ газовъ. Я только что высказалъ мнѣніе, поддерживаемое теперь съ успѣхомъ многими учеными, а именно, что частицы газовъ движутся въ пространствѣ по прямымъ линіямъ. Всякій вѣрно замѣчалъ, какъ быстро распространяется въ комнатѣ запахъ пахучаго вещества. Этотъ фактъ согласуется съ понятіемъ о прямолинѣйномъ движеніи частицъ. Но можно доказать, что, въ силу этой теоріи, частицы должны проходить нѣсколько сотъ футовъ въ секунду и что, слѣдовательно, запахъ долженъ распространяться гораздо скорѣе, чѣмъ это бываетъ на самомъ дѣлѣ.

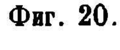
Въ отвѣтъ на это возраженіе слѣдуетъ сказать, что частицы пахучаго вещества должны проходить между множествомъ частицъ воздуха и постоянно съ нимъ сталкиваться. Среднее пространство, которое пахучій атомъ можетъ пройдти въ воздухѣ, не встрѣчаясь съ его частицами, очень мало и потому распространеніе запаха въ воздухѣ этимъ самымъ замедляется. Извѣстно, что жидкость, находящаяся въ безвоздуш-

номъ пространствѣ, испаряется гораздо скорѣе, чѣмъ въ воздухѣ, такъ что пустое пространство насыщается парами жидкости несравненно быстрѣе, нежели пространство, наполненное воздухомъ. По этой гипотезѣ мы представляемъ себѣ, что газы состоятъ изъ частицъ, которыя движутся въ пространствѣ по прямымъ линіямъ, сталкиваются между собою и ударяются о стѣнки сосуда, содержащаго ихъ. Положимъ пузырь, на половину наполненный воздухомъ, подъ колоколъ воздушнаго насоса и вытянемъ изъ подъ колокола воздухъ, пузырь надувается, внутренній воздухъ совсѣмъ почти наполняетъ его и расправляетъ всѣ его складки. Отчего происходитъ расширеніе пузыря? Въ силу нашей теоріи это происходитъ вслѣдствіе напора движущихся частицъ на внутреннюю поверхность пузыря, который при этомъ раздувается. Когда впустимъ воздухъ въ колоколъ, то пузырь сморщивается и принимаетъ свой прежній объемъ. Теперь мы должны представить себѣ, что частицы воздуха давятъ на внѣшнюю поверхность пузыря, отчего оболочка его втягивается внутрь, ограничивая такимъ образомъ пространство, въ которомъ движутся частицы воздуха, находящагося въ пузырѣ до тѣхъ поръ, пока напоръ внутренняго и внѣшняго воздуха не уравновѣсится. По этой теоріи ощущеніе, производимое на насъ теплымъ воздухомъ или паромъ, зависитъ отъ ударовъ газовыхъ атомовъ о наше тѣло. При этомъ они особеннымъ, свойственнымъ имъ образомъ, возбуждаютъ движенія нервовъ, нервы передаютъ эти движенія мозгу, на который движенія эти производятъ впечатлѣніе теплоты. Слѣдовательно ощущеніе, испытываемое нами при входѣ въ баню, зависитъ отъ канонады атомовъ, направленной на поверхность тѣла.

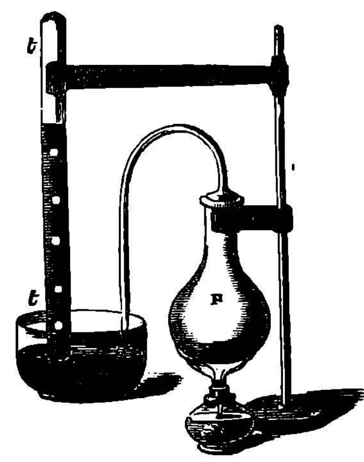
Если, вмѣсто того, чтобы класть пузырь подъ колоколъ воздушнаго насоса, изъ подъ котораго вытягиваютъ воздухъ, я увеличиваю посредствомъ теплоты скорость движенія частицъ, находящихся внутри пузыря, то частицы, хотя ихъ немного, ударяются съ такою силою о внутреннюю поверхность пузыря, что отодвигаютъ оболочку, пузырь надувается и кажется наполненнымъ воздухомъ. Я держу пузырь возлѣ огня, и всѣ его морщины расправляются. Но, быть можетъ, возразятъ, что опытъ этотъ ничего не доказываетъ, потому что внѣшній воздухъ также находится возлѣ огня и, слѣдовательно, въ немъ также увеличивается скорость движенія частицъ, отъ которой зависитъ давленіе воздуха на внѣшнюю поверхность пузыря. Правда, пузырь и прикасающійся къ нему внѣшній воздухъ одинаково близки къ огню; но изъ слѣдующей лекціи вы узнаете, что воздухъ, находящійся внѣ пузыря, пропускаетъ сквозь

себя лучи теплоты, и потому немного возвышаетъ свою температуру, между тѣмъ какъ пузырь задерживаетъ лучистую теплоту, сперва согрѣвается оболочка, а отъ прикосновенія съ нею нагрѣется и внутренній воздухъ. Кромѣ того внѣшній воздухъ, нагрѣваясь, можетъ свободно распространяться въ пространствѣ, и потому неспособенъ сопротивляться расширенію воздуха, заключеннаго внутри (*).

Въ этомъ состоитъ простое объясненіе расширенія, производимаго теплотою. На этомъ снарядѣ можно наблюдать тоже самое явленіе, только въ другомъ видѣ Вотъ стклянка F (Фиг. 20), наполненная воздухомъ, которую я подогрѣваю снизу на маленькой спиртовой лампѣ. Отъ стклянки идетъ маленькая согнутая трубка въ сосудъ, содержащій въ себѣ окрашенную жидкость, въ которую погружена открытымъ своимъ концомъ двухъ-футовая стеклянная трубка *tt*; верхній же конецъ трубки запаянъ. Вы знаете, что если наполнить такую трубку жидкостью и потомъ, закрывши открытый конецъ ея, погрузить его въ жидкость, то давленіе атмосферы на поверхность жидкости въ сосудѣ можетъ удержать жидкость въ трубкѣ на нѣкоторой высотѣ. Теперь трубка наполнена ею почти до верху. Трубку, идущую отъ стклянки съ воздухомъ, подводимъ какъ разъ подъ открытый конецъ вертикальной трубки, такъ что пузыри воздуха, выходя изъ первой трубки, должны войти въ эту послѣднюю.



Фиг. 20.



При нагрѣваніи стклянки воздухъ въ ней расширяется по извѣстнымъ уже причинамъ; пузыри появляются на концѣ согнутой трубки и входятъ въ трубку *tt*, въ которой жидкость быстро понижается и, въ нѣсколько минутъ, водяной столбъ ея въ трубкѣ замѣняется воздушнымъ.

Понятно, что расширившійся отъ нагрѣванія воздухъ легче нерасширеннаго. Наша стклянка въ концѣ опыта легче, нежели она была въ началѣ его, потому что часть воздуха изъ нея перемѣстилась въ вертикальную трубку. Если мы представимъ себѣ легкій мѣшокъ, наполнен-

*) См. примѣчаніе переводчика въ прибавленіи къ этой лекціи.

ный нагрѣтымъ воздухомъ, то онъ будетъ относиться къ внѣшнему воздуху, какъ капля масла относится къ водѣ, въ которой она плаваетъ. Масло легче воды и подымается въ ней; точно также подымается въ атмосферѣ нашъ мѣшокъ съ нагрѣтымъ воздухомъ; на этомъ основывается устройство воздухоплавательнаго шара. Я буду держать отверстіе легкаго бумажнаго мѣшка надъ огнемъ; согрѣтый воздухъ подымается, входитъ въ мѣшокъ, который при этомъ надувается, и тогда становится замѣтнымъ стремленіе мѣшка подыматься вверхъ. Я пускаю шаръ,— онъ подымается и останавливается у потолка. Но мы не должны довольствоваться такимъ общимъ взглядомъ на эти явленія: безъ точныхъ количественныхъ опредѣленій легко смѣшаться и запутаться въ своихъ показаніяхъ. Теперь мы должны изслѣдовать, въ какой степени можетъ быть произведено расширеніе газа даннымъ количествомъ теплоты? Этотъ вопросъ важенъ и требуетъ нашего исключительнаго вниманія. Говоря объ объемѣ газа, мы не имѣли бы понятія о его настоящемъ количествѣ, еслибъ мы упустили изъ виду его температуру, которая имѣетъ большое вліяніе на величину его. Возьмите напримѣръ извѣстный объемъ газа при температурѣ, соотвѣтствующей замерзанію воды, т. е. при 32° F, или 0° по стоградусному или Цельзіеву термометру, и возвысьте его температуру на 1°, не измѣняя внѣшняго давленія на газъ. Объемъ газа увеличивается на количество, которое мы можемъ обозначить чрезъ a. Повысимъ температуру еще на одинъ градусъ, — и объемъ газа увеличится на $2a$; 3-й градусъ нагрѣванія увеличитъ объемъ газа еще на a, такъ что расширеніе будетъ равняться $3a$ и т. д. Мы видимъ, что увеличеніе температуры газа на 1° сопровождается одинаковымъ его расширеніемъ. Каково это расширеніе? Каковъ бы ни былъ объемъ газа при температурѣ замерзанія воды, возвышеніе его температуры на одинъ градусъ по Фаренгейту увеличиваетъ его объемъ на $^1/_{490}$ его первоначальной величины. Возвышеніе же температуры на 1° стоградуснаго термометра увеличиваетъ объемъ газа на $^1/_{273}$ его первоначальнаго объема. Кубическій футъ газа, взятый при 0° стоградуснаго или Цельзіева термометра, при 1° занимаетъ $1^1/_{273}$ куб. фута или, выражая эту дробь десятичною дробью, получимъ, что объемъ воздуха, занимавшій 1 кубическій футъ, при

1° C станетъ $1 + 0{,}00367$
При 2° C — — $1 + 0{,}00367 \times 2$
При 3° C — — $1 + 0{,}00367 \times 3$ и т. д.

Постоянное число 0,00367, означающее увеличеніе единицы объ-

ема, когда температура его возвышается на 1° C, называется коэфиціентомъ расширенія газа. Употребляя же градусы Фаренгейта, которые составляютъ только $^{5}/_{9}$ градуса стоградуснаго термометра, мы должны во столько же разъ уменьшить коэфиціентъ расширенія. Уяснивъ себѣ это, мы постепенно станемъ приближаться къ пониманію интереснаго, но труднаго предмета. Предположимъ, что количество воздуха находится въ очень длинномъ цилиндрѣ АВ (Фиг. 21), площадь поперечнаго сѣченія котораго составляетъ квадратный дюймъ. Пусть верхній конецъ цилиндра А открытъ, и предположу, что поршень Р вѣситъ 2 фунта и 1 унцъ, (англійскій фунтъ нѣсколько менѣе русскаго, а именно онъ 0,911 рус. фунта, т. е. нѣсколько болѣе $^{9}/_{10}$. Въ 1 англійскомъ фунтѣ заключается 16 унцій), и движется внизъ и вверхъ безъ тренія, но не пропуская воздуха между собою и стѣнками цилиндра.

Фиг. 21.

При началѣ опыта поршень находится у точки Р; высота цилиндра отъ дна до точки Р равняется, положимъ, 273 дюймамъ, а температура воздуха подъ поршнемъ 0°С. При нагрѣваніи воздуха на 1°С, поршень подымается на одинъ дюймъ; значитъ онъ отстоитъ теперь на 274 дюйма отъ дна цилиндра. Если температура возвысится на 2 градуса, поршень станетъ на 275; если возвысится на 3, онъ станетъ на 276; при нагрѣваніи на 10° онъ станетъ на 283, при 100 градусовъ поршень станетъ на 373 дюйма надъ дномъ; если наконецъ температура подымется до 273° то, понятно, высота столба увеличится на 273 дюйма. Иными словами, нагрѣвая воздухъ до 273°, мы удвоиваемъ его объемъ. Очевидно, что газъ въ этомъ опытѣ производитъ работу. Распространяясь вверхъ отъ точки Р, онъ долженъ преодолѣть давленіе атмосферы, доходящее до 15 фунтовъ на каждый квадратный дюймъ, и кромѣ того тяжесть самаго поршня, которая ровна 2 ф. и 1 унцу. Итакъ, когда площадь сѣченія цилиндра составляетъ квадратный дюймъ, работа, произведенная газомъ при расширеніи его отъ Р до Р′ равняется тяжести въ 17 фун. и 1 унцъ на высоту 273 дюймовъ. Тоже самое произошло бы, еслибъ воздухъ надъ Р былъ совершенно вытянутъ, и поршень, помѣщенный у Р, вѣсилъ бы 17 ф. и 1 унцъ. Измѣнимъ теперь опытъ и вмѣсто того, чтобы допустить расширеніе газа, увеличимъ давленіе на него на столько, чтобы газъ не

могъ расширяться; другими словами, удержимъ его первоначальный объемъ во время нагрѣванія. Предположимъ, по прежнему, что газъ съ первоначальною температурою 0°C, находится подъ давленіемъ 17 ф. 1 ун. включая сюда и тяжесть поршня P. Будемъ нагрѣвать газъ отъ 0°C до 1°C. Какую тяжесть нужно положить на поршень, чтобы удержать прежній объемъ газа? При такомъ возвышеніи температуры какъ разъ 1 унцъ. Но мы предположили, что газъ въ началѣ былъ подъ давленіемъ 17 фун. и 1 унца, а давленіе, имъ выдерживаемое, есть мѣра его упругости; слѣдовательно, при нагрѣваніи на одинъ градусъ упругость газа увеличится на $^1/_{273}$ упругости, обладаемой имъ при 0°. Если мы нагрѣваемъ газъ на 2°, то должны прибавить 2 унца, чтобы оставить его объемъ неизмѣннымъ; если на 3°, то нужно прибавить 3 унца. Если мы возвысимъ температуру на 273°, то нужно будетъ прибавить 17 ф. 1 ун. или 273 унца, т. е. мы должны удвоить первоначальное давленіе для того, чтобы газъ не измѣнялъ своего объема при нагрѣваніи.

Для большей ясности и для избѣжанія дробей при вычисленіяхъ, я предположилъ, что газъ находится подъ первоначальнымъ давленіемъ 17 ф. и 1 ун. Но, каково бы ни было начальное давленіе на газъ, при возвышеніи его температуры на 1 C, упругость его увеличивается на $^1/_{273}$ упругости газа при температурѣ замерзанія; а при возвышеніи температуры на 273 упругость его удвоится, если объемъ газа остается неизмѣннымъ.

Сравнимъ этотъ опытъ съ прежнимъ. Тамъ мы нагрѣвали извѣстное количество газа отъ 0° до 273° и такимъ образомъ удвоили его объемъ; причемъ газъ поднялъ тяжесть 17 ф. и 1 ун. на высоту 273 дюймовъ. Теперь мы нагрѣваемъ такое же количество газа отъ 0° до 273°, но не допускаемъ его поднимать тяжести, а удерживаемъ его въ первоначальномъ объемѣ. Количество нагрѣваемаго вещества и возвышеніе температуры въ обоихъ случаяхъ одинаковы. Но одинаковы ли абсолютныя количества теплоты, сообщенныя газу въ обоихъ случаяхъ? Никоимъ образомъ. Предположимъ, что для повышенія температуры газа на 273° C, при постоянномъ его объемѣ необходимо 10 золотниковъ горючаго матеріала; въ такомъ случаѣ, для такого же возвышенія температуры газа при постоянномъ давленіи, потребуется $14^1/_4$ золотниковъ того же горючаго матеріала. Теплота, образуемая сжиганіемъ прибавочныхъ $4^1/_4$ золотниковъ, въ послѣднемъ случаѣ совершенно истрачивается на поднятіе тяжести. Количество теплоты, употребленной на нагрѣваніе газа при постоянномъ объемѣ, относится къ коли-

честву ея, необходимому для такого же нагрѣванія при постоянномъ давленіи, какъ 1 къ 1,421.

На основаніи этого чрезвычайно важнаго факта былъ впервые вычисленъ механическій эквивалентъ теплоты. Теперь мы дошли до предмета, который потребуетъ вашего полнаго вниманія. Я постараюсь сдѣлать передъ вами это вычисленіе. Вотъ цилиндрическій сосудъ С, (Фиг. 21а), основаніе котораго равняется одному квадратному футу.

Фиг. 21а.

PP означаетъ верхнюю поверхность кубическаго фута воздуха при 32° F; значитъ, высота AP равняется одному футу. Станемъ нагрѣвать воздухъ до тѣхъ поръ, пока объемъ его не удвоится: для этого, какъ уже было сказано, нужно возвысить температуру на 273° C или 490° F. По расширеніи, верхняя поверхность воздуха остановится у P′P′ на 1 ф. выше прежней поверхности. Воздухъ, подымаясь отъ PP до P′P′, оттѣсняетъ атмосферу, давящую съ силою 15 фунтовъ на каждый квадратный дюймъ его верхней поверхности; другими словами, онъ поднимаетъ тяжесть 144 × 15 = 2160 фунтовъ на высоту одного фута.

Теплоемкость этого расширеннаго воздуха составляетъ 0,24, если принимать теплоемкость воды за единицу. Вѣсъ кубическаго фута воздуха составляетъ 1,29 унцій, и количество теплоты, нужное на повышеніе температуры этого воздуха до 490° F, нагрѣло бы на 490° нѣсколько менѣе, нежели четверть этого же вѣса воды. Количество воды, соотвѣтствующее 1,29 унцій воздуха, составляетъ 1,29 × 0,24 = 0,31 унцій.

0,31 ун. воды, нагрѣтой до 490° равняется 152 ун., или 9½ фун. нагрѣтымъ до 1°. Итакъ, теплота, сообщенная кубическому футу воздуха съ цѣлью удвоить его объемъ и дать ему возможность поднять тяжесть 2160 фунт. на высоту 1 фута, могла бы повысить температуру 9½ фунт. воды на 1°. Мы нагрѣвали воздухъ при постоянномъ давленіи и узнали, что количество теплоты, необходимое для повышенія температуры газа на извѣстное число градусовъ при постоянномъ давленіи, относится къ теплотѣ, требуемой для нагрѣванія газа до такой же температуры при постоянномъ объемѣ, какъ 1,42:1. Слѣдовательно, если мы нагрѣвали воздухъ до 490° F, при постоянномъ объемѣ, то количество теплоты, потребное на это, получилось бы изъ слѣдующей пропорціи: 1,42: 1 = 9,5 ф.: 6,7 ф., т. е. что количество теплоты, необхо-

димое для нагрѣванія воздуха, въ послѣднемъ случаѣ, нагрѣло бы 6,7 фун. воды на 1°. Вычтя 6,7 ф. изъ 9,5 мы найдемъ, что излишекъ теплоты, сообщенный воздуху, когда онъ нагрѣвался при постоянномъ давленіи, можетъ возвысить температуру 2,8 ф. воды на 1° F. Этотъ излишекъ употребляется, какъ мы уже объяснили, на поднятіе тяжести 2160 фун. на высоту 1 фута. Раздѣливъ 2160 ф. на 2,8, мы находимъ, что количество теплоты, необходимое для возвышенія температуры 1 ф. воды на 1°F, можетъ поднять тяжесть 771,4 ф. на высоту фута.

Такимъ способомъ былъ вычисленъ механическій эквивалентъ теплоты въ 1842 году Мейеромъ, медикомъ въ Гейльброннѣ. Мейеръ, въ первой статьѣ своей, указываетъ только на путь, которымъ онъ дошелъ до эквивалента, самого же вычисленія не приводитъ. Статья повидимому представляетъ предварительную замѣтку, отъ которой онъ отправляется въ дальнѣйшихъ своихъ изслѣдованіяхъ. Онъ говоритъ въ ней о превратимости и неразрушимости силъ и только для доказательства своихъ положеній ссылается на механическій эквивалентъ теплоты. Еслибъ Мейеръ ничего болѣе не писалъ послѣ этой статьи, то отношеніе его къ динамической теоріи значительно разнилось бы отъ того, которое онъ имѣетъ теперь. Но въ 1845 году онъ издалъ «Опытъ объ органическомъ движеніи»; это сочиненіе его, хотя можетъ подвергнуться множеству возраженій, въ цѣломъ имѣемъ чрезвычайно важное значеніе. Потомъ, въ 1848 году, появилась его «Небесная динамика», въ которой онъ, съ замѣчательною смѣлостью, проницательностію и полнотою, развилъ метеорную теорію солнца. Послѣ всего, сдѣланнаго Мейеромъ, человѣкомъ дѣйствительно геніальнымъ, нельзя оспаривать у него права стать въ ряду основателей динамической теоріи теплоты. 1843 года, 21 августа Джаулъ прочелъ свою статью Британскому обществу, собравшемуся тогда въ Коркѣ.

Въ 3-й части своего сочиненія Джаулъ описываетъ рядъ электромагнитныхъ опытовъ, произведенныхъ съ намѣреніемъ опредѣлить механическое значеніе теплоты. Изъ этого изслѣдованія онъ нашелъ, что поднятіе слѣдующихъ вѣсовъ эквивалентно нагрѣванію 1 ф. воды на 1°F:

1)	896 ф.	5)	1026 ф.
2)	1001 »	6)	587 »
3)	1040 »	7)	742 »
4)	910 »	8)	860 »

Въ 1844 году Джаулъ вывелъ изъ опытовъ надъ сгущеніемъ воздуха слѣдующіе эквиваленты теплоты, нагрѣвающей 1 ф. воды на 1°F:

823 фунто-футовъ.	814 фунто-футовъ.
795 — —	760 — —
820 — —	

По мѣрѣ того, какъ возрастаетъ опытность экспериментатора, мы находимъ меньшія разности между результатами его опытовъ. Въ 1845 году Джаулъ вывелъ изъ опытовъ надъ водою, волнуемою лопатками эквивалентъ въ 890 фунто-футовъ. Сложивъ результаты опытовъ 1845, и взявъ среднюю величину, онъ нашелъ эквивалентъ въ 817 фунто-футовъ. Въ 1847 году онъ вычислилъ изъ двухъ опытовъ величину эквивалента въ 781,8 фунто-футовъ. Наконецъ 1849 года, со всѣми возможными предосторожностями, необходимость которыхъ онъ чувствовалъ послѣ семилѣтнихъ опытовъ, онъ вывелъ слѣдующія величины механическаго эквивалента теплоты:

772, 692	помощью тренія воды	средн. велич. изъ	40	наблюденій.
774, 083	— — ртути	— — —	50	— —
774, 987	— — чугуна	— — —	20	— —

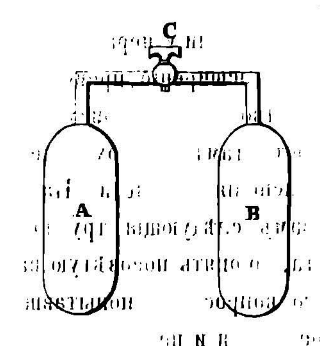
На основаніи, изложенномъ въ статьѣ, Джаулъ опредѣляетъ точный эквивалентъ теплоты въ 772 фунто-фута. Величина механическаго эквивалента теплоты, найденная Мейеромъ въ 1842 году была 771,4 фунто-фута. Подобное совпаденіе уничтожаетъ всякое сомнѣніе относительно точности нашего настоящаго механическаго эквивалента теплоты.

Не говорю ли я съ цѣлью превознести Мейера въ ущербъ Джаулу? Я слишкомъ далекъ отъ подобнаго намѣренія. Человѣкъ, который безъ всякаго одобренія, въ виду трудностей, дѣйствительно считавшихся непреодолимыми, работалъ долгіе годы съ такою неуклонною настойчивостью и достигъ такого важнаго результата, не можетъ бояться несправедливой оцѣнки. Не только опыты, но идея, ихъ проникающая, и примѣненіе, которое дѣлаетъ изъ нихъ Джаулъ, ставятъ его въ ряду первыхъ естествоиспытателей. Работы Мейера носятъ на себѣ отпечатокъ глубокаго созерцанія явленій природы, которое выработалось въ умѣ его въ твердое и непоколебимое убѣжденіе. Труды Джаула представляютъ напротивъ экспериментальныя подтвержденія воззрѣній Мейера. Вѣрный умозрительному направленію своего народа, Мейеръ вывелъ изъ незначительныхъ посылокъ важныя заключенія, а англичанинъ, помимо всего стремился прочно установить факты. И онъ установилъ ихъ. Будущій

историкъ науки не выставитъ, я думаю, этихъ людей антагонистами. Каждый изъ нихъ заслужилъ славу, которая не скоро поблекнетъ. Оба принимали участіе не только въ основаніи динамической теоріи теплоты, но и въ прокладываніи пути къ правильному пониманію отношеній между силами природы.

Повѣримъ теперь наши заключенія относительно вліяній производства работы на количество теплоты, сообщаемой газу. Нельзя ли заставить газъ расшириться безъ производства работы? На этотъ вопросъ отвѣчаетъ слѣдующій важный опытъ, сдѣланный въ первый разъ Гейлюсакомъ. Вотъ два мѣдныхъ сосуда A, B (фиг. 22) одинаковаго объема; изъ одного изъ нихъ A воздухъ вытянутъ, другой же наполненъ имъ. Отварачиваю кранъ C, и воздухъ стремится изъ B въ A, покуда не установится одинаковое давленіе въ обоихъ сосудахъ. Воздухъ выгоняя свои частицы изъ B, производитъ работу; и опыты, уже дѣланныя нами, показали что оставшійся въ B воздухъ долженъ быть охлажденъ. Частицы воздуха входятъ въ A съ извѣстною быстротою, на произведеніе которой потрачена теплота воздуха въ B; онѣ ударяются о внутреннюю поверхность A, причемъ ихъ наступательное движеніе уничтожается, и въ A развивается столько теплоты, сколько ее потеряно въ B. Смѣшавъ воздухъ, содержащійся въ A и B, получимъ воздухъ при начальной температурѣ. Тутъ нѣтъ производства работы, нѣтъ и потери теплоты. Джауль повторилъ этотъ опытъ: въ одномъ изъ этихъ сосудовъ находился воздухъ, упругость котораго равнялась 22 атмосферамъ, между тѣмъ какъ изъ другаго воздухъ былъ выкаченъ. Погрузивъ оба сосуда въ воду, которую перемѣшивали во время опыта, для того чтобы ея температура была во всѣхъ частяхъ одинакова, онъ не замѣтилъ ни какого измѣненія въ температурѣ воды, когда газъ вытекалъ изъ одного сосуда въ другой.

Фиг. 22.



Предположимъ также, что верхушка цилиндра (фиг. 19) закрыта, а половина его надъ поршнемъ совершенно безвоздушна, и что воздухъ въ нижней половинѣ нагрѣтъ при постоянномъ объемѣ до 273°.

Если устранить давленіе на поршень p, то воздухъ разширится и наполнитъ цилиндры вслѣдствіе чего нижняя часть столба охладится, а верхняя согрѣется. Смѣшавъ вмѣстѣ обѣ части, мы найдемъ температу-

ру всего воздушнаго столба равною 273°. Въ этомъ случаѣ мы возвышаемъ температуру газа отъ 0° до 273° и объему его предоставляемъ потомъ удвоиться. Въ началѣ и въ концѣ опыта состояніе газа совершенно такое же, въ какомъ онъ находился, расширяясь при постоянномъ давленіи, или поднимая постоянную тяжесть; но абсолютное количество теплоты въ послѣднемъ случаѣ было бы 1, 421 раза болѣе количества, употребленнаго въ нашемъ случаѣ. Разница эта происходитъ отъ того, что въ одномъ случаѣ газъ производитъ работу, а въ другомъ нѣтъ.

Этотъ опытъ показываетъ намъ, что одного разрѣженія самаго по себѣ не достаточно для пониженія средней температуры массы воздуха. Существовало да и досихъ поръ еще существуетъ ходячее мнѣніе, что всякое расширеніе газа производитъ охлажденіе, не смотря на то какимъ образомъ происходитъ это расширеніе. Думали, что такъ называемая нами теплоемкость болѣе у разрѣженнаго газа, нежели у неразрѣженнаго. Но въ сущности охлажденіе, сопровождающее расширеніе, происходитъ вслѣдствіе истрачиванія теплоты, на производство работы, происходящей при расширеніи газа. Гдѣ не производится работа, тамъ нѣтъ охлажденія.

Всѣ эти разсужденія необходимы для уясненія предмета. Каждое такое усиліе съ вашей стороны облегчитъ вамъ слѣдующія трудности, и если еще нѣтъ полнаго пониманія предмета, то опять посовѣтую вамъ быть терпѣливыми. Но не оставляйте этого вопроса, не попытавшись понять его; поборитесь съ нимъ нѣкоторое время и не отчаявайтесь, если не все уяснится сразу.

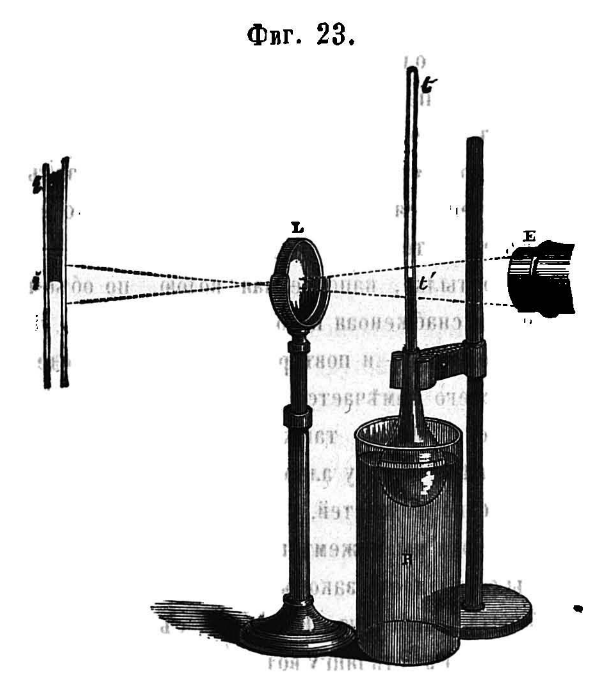
Обратимъ теперь вниманіе на другой интересный вопросъ. Мы видѣли, что въ сосудѣ, объемъ котораго не мѣняется, упругость воздуха возрастаетъ съ возвышеніемъ температуры, и что это зависитъ отъ увеличивающейся силы ударовъ частицъ газа на стѣнки сосуда.

Считая вверхъ отъ 0° C, мы находимъ, что съ возвышеніемъ температуры на 1° упругость газа увеличивается на $^1/_{273}$, той, которую газъ обладаетъ, при 0°. Значитъ, возвысивъ температуру газа на 273°, мы удвоимъ его упругость. Предположимъ, что такой же законъ, имѣетъ мѣсто, когда мы начинаемъ считать внизъ отъ 0°, т. е., что съ каждымъ градусомъ температуры, отымаемымъ отъ газа, мы уменьшаемъ его упругость, или движеніе производящее упругость, на $^1/_{273}$ той упругости, которую газъ имѣетъ при 0°. Понятно, что при температурѣ 273° C ниже 0° исчезнетъ всякая упругость. Движеніе, отъ котораго зависитъ упругость уничтожается, и мы достигаемъ того, что называется абсолютнымъ нулемъ температуры.

Нѣтъ сомнѣнія, что здѣсь несовсѣмъ точно выражено уменьшеніе упругости газа при такомъ сильномъ пониженіи температуры, и газъ, вѣроятно, сдѣлается твердымъ, прежде нежели достигнетъ 273° С, или абсолютнаго нуля. Эта температура гораздо ниже всякой, которую только мы могли до сихъ поръ получить. Я не хочу болѣе утомлять васъ дальнѣйшими трудностями этого предмета, и теперь перейду къ экспериментальному доказательству расширенія жидкостей отъ теплоты.

Вотъ флорентинская стклянка, наполненная алкоголемъ и плотно закрытая пробкою; въ пробку вставлена трубка t', такъ чтобы жидкость не

Фиг. 23.



могла проходить между пробкою и трубкою (фиг. 23) и жидкость въ трубкѣ подымается на высоту фута или около того.

Я нагрѣваю склянку, алькоголь расширяется и подымается въ трубкѣ. Чтобы сдѣлать замѣтнымъ его возвышеніе, я ставлю передъ трубкою электрическую лампу E и направляю сильный лучь свѣта чрезъ трубку у мѣста t' гдѣ оканчивается жидкій столбъ; жидкій столбъ такимъ образомъ освѣщается. Я помѣщаю это двояко выпуклое стекло L передъ трубкою на такомъ разстояніи, чтобы получалось увеличенное изображеніе ея столба на экранѣ. Теперь ясно видно, гдѣ оканчивается столбъ, видно дрожаніе на верху столба, и будетъ также замѣтно, когда онъ начнетъ двигаться. Наполнимъ сосуды В горячею водою и будемъ

его подымать пока нижній конецъ стклянки не погрузится въ воду. Но зачѣмъ говорить, что изображеніе на экранѣ опрокинуто, и когда жидкость расширяется то на экранѣ изображеніе столба опускается. Прослѣдимъ этотъ опытъ сначала. Бутылка теперь въ горячей водѣ, изображеніе столба подымается, какъ будто бы жидкость сжимается; но вотъ оно останавливается и теперь постоянно опускается. Отъ чего произошло его первоначальное повышеніе? Оно происходитъ не вслѣдствіе сжатія жидкости, а вслѣдствіи того, что колба, которой прежде сообщилась теплота, разширяется на первыхъ порахъ болѣе чѣмъ жидкость. Стекло разширается прежде, нежели теплота можетъ достигнуть жидкости, и оттого столбъ опускается; но скоро расширеніе жидкости превосходитъ расширеніе стекла, и столбъ возвышается. Этотъ опытъ показываетъ намъ, что и стекло расширяется при нагрѣваніи, и что, кромѣ того, наблюдаемое разширеніе жидкости не даетъ намъ вѣрнаго понятія объ увеличеніи ея объема и указывдетъ только на разницу между расширеніемъ ея и стекла.

Вотъ другая бутылка, наполненная водою, по объему совершенно равная прежней, и снабженоая подобною же трубкою. Я ставлю ее въ такое же самое положеніе и повторяю опытъ, произведенный съ алкоголемъ. Прежде всего замѣчается быстрое расширеніе стекла и потомъ разширеніе жидкости. Можно также замѣтить, что расширеніе воды совершается медленнѣе, чѣмъ у алкоголя. Мы можемъ такимъ образомъ перебрать множество жидкостей, и увидимъ, что всѣ онѣ отъ теплоты расширяются. Отсюда мы можемъ прійти къ заключенію, что расширеніе отъ теплоты составляетъ законъ, не имѣющій исключенія. Но такого рода выводъ будетъ ошибоченъ. И именно, съ цѣлью показать такое исключеніе, я налилъ въ стклянку воды. Охлаждаю стклянку снизу, опуская, въ вещество нѣсколько болѣе холодное, нежели вода при температурѣ замерзанія. Это вещество состоитъ изъ смѣси растолченнаго льда и соли.

Столбъ постоянно опускается, потому что вода уступаетъ свою теплоту охлаждающей смѣси, и вода при этомъ сжимается. Это сжиманіе очень слабо; вотъ оно уже совсѣмъ прекратилось; начинается слабое движеніе въ противоположномъ направленіи, и теперь жидкость видимо расширается. Я размѣшиваю охлаждающую смѣсь, чтобы холодныя ея части прикоснулось къ стклянкѣ, и чѣмъ холоднѣе смѣсь, тѣмъ быстрѣе расширеніе. Здѣсь природа какъ бы уклонилась отъ своего пути и измѣнила свои обыкновенныя свойства. Дѣло въ томъ, что охлаж-

даемая вода продолжается сжиматься, пока не достигнетъ температуры 39° Ф. или 4° С. при которой сжиманіе ея останавливается. Это называется точкою наибольшей плотности воды. Начиная отсюда до самой точки замерзанія жидкость расширяется, а когда она превращается въ ледъ, расширеніе ея совершается быстро и внезапно. Ледъ, какъ мы знаемъ, плаваетъ сверху воды, потому что онъ, вслѣдствіе расширенія, сталъ легче ея. Посредствомъ нагрѣванія я произвожу рядъ обратныхъ измѣненій: столбъ понижается, означая сжиманіе жидкости отъ теплоты. Спустя нѣсколько времени, сжиманіе прекращается и настаетъ постоянное расширеніе.

Сила, съ которою происходятъ эти измѣненія разстояній между частицами, непреодолима. Измѣненія обыкновенно происходятъ при условіяхъ, которыя не даютъ намъ возможности наблюдать всю напряженность, съ которою они совершаются.

Слѣдующій опытъ, даетъ вамъ понятіе объ этой напряженности. Я наливаю воды въ желѣзный сосудъ, стѣнки котораго имѣютъ полдюйма толщины. Количество воды невелико, но она наполняетъ сосудъ. Послѣ этого онъ плотно закрывается помощью крышечки, которая навинчивается на его шейку. Вотъ и другой такой же сосудъ. Погрузимъ оба сосуда въ охлаждающую смѣсь. Они постепенно охладѣваютъ, вода внутри доходитъ до своей точки наибольшей плотности, и нѣтъ сомнѣнія, что, въ эту минуту, вода несовершенно наполняетъ бутылку, и внутри ея находится маленькая пустота. Но скоро сжиманіе прекращается, и настаетъ расширеніе; пустота медленно наполняется, вода постепенно переходитъ изъ жидкаго состоянія въ твердое, при чемъ объемъ ея увеличивается и этому увеличенію объема сопротивляются плотныя стѣнки желѣзнаго сосуда. Но сопротивленіе его безсильно передъ молекулярными силами: атомы—это замаскированные гиганты. Вы слышите трескъ: бутылка разрывается кристализующимися частицами; тоже происходитъ съ другою, и вотъ обломки сосуда. Вы видите толщину ихъ стѣнокъ. Представте же величину силы, которая могла разорвать ихъ. Теперь вамъ не трудно понять, отчего морозы разрываютъ водосточныя трубы домовъ. Вода, замерзая въ нихъ, разрываетъ ихъ.

Мнѣ необходимо сказать нѣсколько словъ о важности этого свойства воды въ экономіи природы. Представимъ себѣ озеро въ холодный зимній день; верхній слой воды охлаждается, сжимается, становится плотнѣе и опускается, а мѣсто него занимаетъ нижній слой болѣе теплый и болѣе легкій, который потомъ въ свою очередь охлаждается и

опускается. Такимъ образомъ устанавливается циркуляція: плотная и холодная вода идетъ ко дну, а болѣе легкая и теплая подымается наверхъ.

Предположимъ, что дѣйствіе это продолжается и послѣ того, какъ на поверхности воды образовалась тонкая ледяная кора, т. е., другими словами, предположимъ, что плотность воды постоянно увеличивается съ охлажденіемъ ея; въ такомъ случаѣ образовавшійся ледъ тотчасъ опускался бы на дно, и это продолжалось бы до тѣхъ поръ, пока вся вода вскорѣ не замерзла бы и тогда, всѣ живые существа, обитающія въ водѣ, погибли бы. Но въ такихъ случаяхъ, когда грозитъ опасность, природа какъ бы уклоняется отъ своего обыкновеннаго пути; она заставляетъ воду расширяться отъ холода, и холодная вода плаваетъ какъ пѣна надъ болѣе теплой водою. Вода отвердѣваетъ, но это твердое тѣло легче лежащей подъ нимъ жидкости, и ледъ служитъ защитительною кровлею для существъ живущихъ подъ нимъ. Такія явленія естественно поражаютъ тѣхъ, которые знакомятся съ ними. И въ самомъ дѣлѣ, отношенія жизни къ условіямъ самой жизни и выборъ средствъ, помощью которыхъ природа достигаетъ своихъ цѣлей, въ высокой степени возбуждаетъ интересъ ученаго. Но занимаясь естественными науками, нужно строго повѣрять свои ощущенія. Они заводятъ насъ самихъ за предѣлы фактовъ. Мнѣ случалось слышать, что на эту замѣчательную способность воды указывали, какъ на несомнѣнное доказательство существованія особеннаго заботливаго и благосклоннаго промысла.

«Какое значеніе», говорили мнѣ, «имѣетъ это отступленіе, замѣченное только у воды, какъ не то, чтобы предохранить природу отъ самой себя?» Но дѣло въ томъ, что вода не представляетъ единственнаго исключенія. Вотъ желѣзный сосудъ расколотый сверху до низу; я разбиваю его окончательно молоткомъ и вы видите, что въ немъ заключается металлъ; это висмутъ. Я налилъ его въ сосудъ, когда онъ еще былъ жидокъ и послѣ этого закрылъ сосудъ винтообразною пробкою. Металлъ охладился, отвердѣлъ и расширился съ такою силою, что сосудъ разорвался. Хотя это свойство висмута не спасаетъ ни одной рыбы отъ смерти, тѣмъ не менѣе оно совершенно соотвѣтствуетъ свойству воды, о которомъ мы только что говорили. Скажу разъ навсегда, что естествоиспытателю нѣтъ дѣла до какихъ бы то ни было преднамѣреній и цѣлей природы. Изслѣдывая природу онъ долженъ доискиваться, *почему*, а не *для чего* происходятъ различныя явленія въ ней, и ему, чаще чѣмъ кому либо другому, приходится оглянуться съ восторгомъ и удивленіемъ на чудеса, окружающія его, и сознаться, что всѣ его изслѣдова-

ніи не могутъ привести къ окончательному разрѣшенію возбужденныхъ вопросовъ.

Теперь перейдемъ къ объясненію расширенія твердыхъ тѣлъ отъ теплоты. Вотъ двѣ деревянныя вертикальныя подпорки A и B. (Фиг. 24) съ прикрѣпленными къ нимъ выступами, вертикальныя части которыхъ металлическія, а горизонтальныя деревянныя. На эти выступы я кладу два металлическіе бруска одинаковой длины:

Фиг. 24.



одинъ мѣдный, а другой желѣзный. Длина брусковъ такова, что они не достаютъ отъ одной подпорки до другой. Соединяю одинъ выступъ съ полюсомъ маленькой электрической баттареи D, отъ другаго же выступа p' идетъ проволока къ маленькому снаряду C, а отъ него къ другому полюсу баттареи. Существенная часть снаряда C, есть платиновая спиральная проволока, которая раскаляется, когда мы пропускаемъ чрезъ нее токъ отъ D. Въ настоящую минуту цѣпь не замкнута, а потому и тока не проходитъ, вслѣдствіе недостаточной длины мѣдной и желѣзной полосокъ, которыя не могутъ заразъ прикасаться къ металлическимъ частямъ обоихъ выступовъ. Подъ пластинками находится 6 газовыхъ рожковъ; я зажигаю ихъ, пластинки согрѣваются, расширяются и въ нѣсколько минутъ онѣ, я думаю, растянутся на все пространство между выступами, и тогда токъ проходитъ по мосту, составленному изъ пластинокъ и прохожденіе его обнаруживается внезапнымъ свѣтомъ платиновой проволоки. Проволока не свѣтится, пока мостъ не будетъ совершенно оконченъ; но вотъ она засвѣтилась, показывая, что одна изъ пластинокъ или обѣ расширились настолько, что касаются обоихъ станковъ. Какая же именно изъ пластинокъ расширялась? Принимаю же-

лѣзную пластинку, но платина свѣтится; кладу желѣзо на его прежнее мѣсто и принимаю мѣдную пластинку,—свѣтъ исчезаетъ. Значитъ мѣдная пластинка замыкала цѣпь. Такимъ образомъ этотъ опытъ показываетъ намъ не только общій законъ расширенія твердыхъ тѣлъ при нагрѣваніи, но и то, что разныя тѣла расширяются въ разной степени.

Расширеніе мѣди и желѣза очень невелико, и для измѣренія ихъ расширенія были придуманы разные приборы, извѣстные подъ общимъ названіемъ пирометровъ. Но есть средство сдѣлать эти расширенія гораздо болѣе замѣтными, чѣмъ помощію пирометровъ. Вотъ толстый желѣзный прутъ, имѣющій 2 фута длины; онъ упирается своимъ верхнимъ концомъ въ зеркало, которое можетъ обращаться около горизонтальной оси. На зеркало я направляю свѣтъ элекрической лампы. Отражающійся лучь падаетъ на верхнюю часть стѣны. Если пластинка укоротится, то зеркало повернется въ сторону, при удлиненіи же пластинки оно повернется въ противоположномъ направленіи. Каждое движеніе зеркала, какъ бы оно нибыло мало, сопровождается значительнымъ передвиженіемъ свѣтлаго пятна, образуемаго отраженнымъ лучемъ, это зависитъ отъ длинны лучей и отъ того еще, что углы между отраженными лучами измѣняются въ двое скорѣе, чѣмъ углы между зеркалами.

Даже теплое дыханіе, направленное на желѣзную полосу, производитъ замѣтное движеніе луча; а если я въ продолженіи минуты нагрѣваю ее спиртовою лампою, то свѣтлое пятно опускается, проходя по стѣнѣ пространство въ 30 ф. Принимаю лампу: желѣзо охлаждается, сжимается, и свѣтлое пятно подымается снова. Положивъ немного алкоголю не желѣзо, я ускоряю его охлажденіе, и при этомъ свѣтлое пятно подымается быстрѣе.

Мы уже показали, что разныя тѣла расширяются въ разной степени (*), что мѣдь, напримѣръ, при нагрѣваніи расширяется болѣе, чѣмъ желѣзо. Вотъ двѣ полоски: одна мѣдная, другая желѣзная, спаянныя во всей длиннѣ. При настоящей температурѣ онѣ составляютъ сложную, прямую линейку. Но съ измѣненіемъ температуры линейка эта не остается прямою; при нагрѣваніи, она отгибается въ одну сторону, при охлажденіи въ другую. Въ первомъ случаѣ мѣдь расширяется и образуетъ выпуклую сторону изогнутой линейки; во второмъ мѣдь сжимается и образуетъ вогнутую сторону линейки. Это нужно принимать во внима-

(*) Въ прибавленіи къ этой лекціи показаны коэфиціенты расширенія нѣкоторыхъ хорошо извѣстныхъ тѣлъ.

ніе при устройствѣ снарядовъ, отдѣльные части которыхъ не должны сгинаться.

Сила, съ котораго тѣла расширяются при нагрѣваніи, совершенно непреодолима помощью тѣхъ механическихъ средствъ, которыя находятся въ нашемъ распоряженіи. Всѣ эти молекулярныя силы, хотя онѣ дѣйствуютъ на чрезвычайно малыхъ разстояніяхъ, имѣютъ почти безконечно большую напряженность. Архитекторы воспользовались сократительною силою охлажденія для того чтобы привотить наклонныя стѣны въ вертикальное положеніе. Въ хрупкомъ тѣлѣ, ~~на ширеніе~~, когда одна его часть расширяется помощью нагрѣванія, то она давитъ съ такою силою на окружающія части, что производитъ разломъ. Стаканъ, налитый горячею водою, часто лопается вслѣдствіе быстраго его расширенія его внутренней части; онъ можетъ также лопнуть отъ сжиманія, производимаго сильнымъ холодомъ.

Вотъ нѣсколько бутылокъ изъ очень толстаго стекла, которыя были быстро охлаждены, тотъ часъ послѣ того, какъ онѣ были приготовлены изъ расплавленной массы стекла. При этомъ сперва охладились и затвердѣли внѣшнія ихъ части, внутреннія охладѣваютъ постепенно уже въ то время, когда онѣ окружены твердою наружною корою, которую они при своемъ сжиманіи тянутъ съ весьма большою силою внутрь. Вслѣдствіе того наружныя частицы этихъ бутылокъ такъ сильно напряжены, что малѣйшая царапина производитъ трещину. Я брошу въ эту бутылку крупинку кварца, и единственно вслѣдствіе паденія этого небольшаго куска твердаго кварца въ бутылку, отпадаетъ дно этой послѣдней. Вотъ тоже, такъ называемыя, Руцертовы капли или галандскія слезы; это капли расплавленнаго стекла, внезапно охлажденныя. Внѣшній твердый слой и здѣсь выноситъ всю силу внутренняго сжиманія, но давленіе это такъ ровно распредѣляется по всей поверхности, что ни одна изъ частей не уступаетъ ему. Но отломавъ ту часть стекла, которая составляетъ конецъ капли, мы превращаемъ твердую массу въ порошокъ.

Если подобная капля будетъ разбита въ бутылочкѣ, наполненной водою, то она расшибается съ такою силою, что разбиваетъ бутылочку въ куски.

Очень любопытное явленіе расширеніе было замѣчено и объяснено нѣсколько лѣтъ тому назадъ Канономъ Мозели. Хоры Бристольскаго Собора были покрыты свинцовымиластами; длинна крыши 60 ф., а ширина 19 ф. 4 д. Свинецъ былъ положенъ въ 1851 г. а два года спустя, т. е. въ 1853 г., онъ всею массою подвинулся внизъ на восем-

надцать дюймовъ. Пониженіе свинца происходило постоянно съ тѣхъ самыхъ поръ, какъ имъ были покрыты хоры. Попытка остановить его движеніе вколачиваніемъ гвоздей въ стропила не удалось, потому что сила, съ которою опускался свинецъ, вырывала гвозди. Крыша была не крутая и свинецъ могъ бы оставаться на ней не скользя внизъ вслѣдствіе силы тяжести. Какая же была причина его пониженія? Вотъ какая: свинецъ былъ подверженъ перемѣнѣ температуръ дня и ночи. Теплота сообщаемая ему днемъ заставляла его расширяться. Еслибы онъ лежалъ на горизонтальной плоскости, то расширялся бы вездѣ одинаково, но лежа на наклонной поверхности, онъ расширялся къ низу свободнѣе нежели вверхъ. Напротивъ, ночью, когда свинецъ сжимается, его верхняя часть легче подвигается внизъ, чѣмъ нижняя поднимается вверхъ. Движеніе свинца, слѣдовательно, совершенно походило на движеніе землянаго червяка. Днемъ онъ подвигалъ впередъ свою нижнюю часть, а ночью верхнюю, и такимъ образомъ въ 2 года онъ подвинулся на пространство въ 18 дюймовъ. Каждое мѣстное измѣненіе температуры дня и ночи способствовало такому движенію, и Канонъ Мазели нашолъ въ послѣдствіи, что сильнѣйшее опусканіе свинца происходитъ при быстрыхъ измѣненіяхъ температуры.

Не только разныя тѣла различно расширяются отъ теплоты, но одни и тѣже тѣла различно расширяются въ различныхъ направленіяхъ. Атомы кристаловъ соединяются вмѣстѣ по извѣстному закону, и въ нѣкоторыхъ направленіяхъ они соединяются тѣснѣе нежели въ другихъ. Также точно атомы нѣкоторыхъ кристаллическихъ тѣлъ движутся въ однихъ направленіяхъ свободнѣе, нежели въ другихъ. Слѣдствіемъ этого будетъ неравномѣрное расширеніе въ различныхъ направленіяхъ. Кристалъ Исландскаго шпата расширяется вдоль своей кристалической оси болѣе, нежели въ другихъ направленіяхъ, какъ доказалъ профессоръ Митчерлихъ. Вслѣдствіе этого, когда весь кристалъ расширяется, т. е. когда отъ теплоты увеличивается его объемъ, то онъ дѣйствительно сокращается по направленіямъ, перпедикулярнымъ къ оси кристала. Многіе другіе кристаллы различно расширяются въ различныхъ направленіяхъ, и нѣтъ сомнѣнія, что во многихъ органическихъ тканяхъ мы замѣтимъ тоже явленіе.

Природа полна аномалій, и никакая проницательность не въ состояніи предвидѣть ихъ; обнаружить ихъ можетъ только опытъ. Изслѣдывая измѣненія, производимыя теплотою въ большей части тѣлъ, мы должны бы были заключить, что теплота всегда производитъ расшире-

ніе, а холодъ сжиманіе. Но вода и висмутъ заставятъ насъ измѣнить такое заключеніе. При сжиманіи металла развивается теплота; когда же вытягиваютъ металлическую проволоку, то развивается холодъ. Джаулъ и другіе, занимавшіеся этимъ предметомъ, нашли, что эти явленія не составляютъ общей принадлежности всѣхъ тѣлъ. Одно замѣчательное уклоненіе отъ этого правила (я не сомнѣваюсь въ существованіи и многихъ другихъ) было извѣстно много лѣтъ тому назатъ, и теперь я на опытѣ покажу подобное отступленіе. Вотъ резина, которая находилась въ сосѣдней болѣе холодной комнатѣ. Я отрѣзываю отъ нее ленту въ 3 д. длинны и $1^1/_2$ д. ширины, и кладу на термоэлекрическій столбикъ, показывающій, что резина холодна. Послѣ этого я внезапно растягиваю ее, снова прикладываю къ столбику и, по отклоненіи стрѣлки, узнаю, что резина согрѣлась.

Фиг. 25.

Но одно уклоненіе отъ правила влечетъ за собою и другія уклоненія. Въ физическомъ мірѣ, какъ и въ нравственномъ, явленія не бываютъ одинакими. Тоже самое нужно сказать относительно нашей резины: ея уклоненіе отъ правила указываетъ намъ на цѣлый рядъ подоб-

ныхъ уклоненій. Многіе изъ своихъ изслѣдованій Джауль производилъ вмѣстѣ съ замѣчательнымъ естествоиспытателемъ Томсономъ. Томсонъ зналъ объ уклоненіи резины отъ общаго правила и говорилъ, что растянутая резина при нагрѣваніи сокращается. Джауль сдѣлалъ опытъ, и дѣйствительно произошло сокращеніе. Повторимъ этотъ опытъ. Прикрѣпивши къ поперечной перекладинѣ *a* (Фиг. 25) полосу обыкновенной резины, я растягиваю ее, привѣсивши къ ней гирю въ 10 ф.; приэтомъ резина дѣлается втрое длиннѣе. Стрѣлка *ii*, сдѣланная изъ легкаго дерева, свободно движется на оси. Къ концу стрѣлки я прикрѣпляю копьеобразный кусокъ бумаги, который, при движеніи стрѣлки, проходитъ по кругу, означенному на этой черной доскѣ. Теперь указка движется внизъ, потому что резина растянулась вслѣдствіе привязанной къ ней гири. Но еслибы гиря была поднята сокращеніемъ резины, то конецъ рычага, на которомъ находится бумажная стрѣлка, приподнялся бы отъ дѣйствія спиральной пружины *ss*, которая тянетъ внизъ короткое плечо рычага *ii*. Резина проходитъ чрезъ желѣзную трубу C, въ которую входитъ горячій воздухъ, подымающійся отъ лампы L; указка подымается, означая сокращеніе резины. Если нагрѣвать резину въ продолженіи минуты, то конецъ указки опишетъ дугу въ 3 ф. длины. Принимаю лампу, и по мѣрѣ того, какъ резина возвращается къ своей прежней температурѣ, она растягивается, а указка опускается и стоитъ теперь ниже мѣста, занимаемаго ею прежде.

ПРИБАВЛЕНІЕ КЪ III ЛЕКЦІИ.

О внутреннемъ строеніи газовъ.

Теорія внутренняго строенія газовъ, въ пользу которой склоняется Тиндаль, хотя и не совсѣмъ рѣшительно, не можетъ быть принята. Въ смыслѣ этой теоріи упругость газовъ зависитъ отъ прямолинейныхъ движеній частицъ, которыя ударяются о стѣнки сосуда, содержащаго газъ, и отскакиваютъ отъ него по противоположному направленію въ томъ случаѣ, если частица двигалась по направленію, перпендикулярному къ поверхности; въ случаѣ же косвеннаго удара частица удаляется отъ поверхности надъ угломъ, равнымъ углу паденія. Отъ этихъ ударовъ и зависитъ давленіе, производимое газомъ на стѣнки сосуда.

Возвышеніе температуры газа соотвѣтствуетъ увеличенію живой силы наступательныхъ движеній частицъ, а слѣдовательно упругость газа должна возрастать при этомъ. Понятно, что если мы, помощію сжиманія, заставимъ газъ занимать меньшій объемъ, чѣмъ онъ прежде занималъ, то въ этомъ уменьшенномъ объемѣ будетъ двигаться столько частицъ, сколько ихъ двигалось въ большемъ, и если температура газа прежняя, то и скорость этихъ частицъ не измѣнится. Частицы же, двигаясь въ меньшемъ пространствѣ, будутъ чаще ударяться о стѣнки сосуда, и, слѣдовательно, при уменьшеніи объема, давленіе газа на стѣнки сосуда или упругость газа увеличится. Помощію весьма простыхъ выкладокъ легко вывести, что, въ силу нашихъ положеній, упругость газа возрастаетъ пропорціонально уменьшенію объема, такъ что когда объемъ уменьшается вдвое, то и упругость возрастаетъ вдвое и т. д. Въ этомъ состоитъ такъ называемый законъ Маріотта, который обыкновенно выражается такъ: упругости обратно пропорціональны объемамъ, занимаемымъ газомъ при одной и той же температурѣ. Если же и температура газа измѣняется при сжиманіи, то кромѣ увеличенія упругости, зависящаго отъ уменьшенія объема газа, она увеличивается еще вслѣдствіе увеличенія живой силы движеній частицъ на величину, пропорціональную температурѣ и коэфиціенту расширенія газа. Это законъ Гейлюсака. Еслибы законы Маріотта и Гейлюсака совершенно точно выражали измѣненія упругости газовъ, происходящія на самомъ дѣлѣ при измѣненіи ихъ объемовъ и температуры, то можно было бы думать, что разсматриваемая нами гипотеза внутренняго строенія газовъ выражаетъ то, что дѣйствительно существуетъ. Но опыты Реньо показали, что всѣ газы болѣе или менѣе отступаютъ отъ закона Маріотта, и что кромѣ того они различно сжимаются при различныхъ температурахъ, такъ что воздухъ, объемъ котораго при обыкновенной температурѣ уменьшается немного скорѣе возрастанія упругости, при температурѣ 100°С, обнаружитъ противоположное свойство, т. е. упругость его будетъ возрастать скорѣе уменьшенія объема. Такъ какъ помощію нашей гипотезы нельзя объяснить такихъ отступленій газа отъ закона Маріотта, то гипотеза должна быть признана неудовлетворительною, или, по-крайней-мѣрѣ, неполною. Нужно впрочемъ замѣтить, что отступленія газовъ отъ закона Маріотта вообще не значительны. Гипотезу, о которой мы говоримъ, можно бы согласовать съ наблюдаемыми фактами, допустивши, что между движущимися частицами газовъ дѣйствуютъ притягательныя и отталкивательныя силы, уменьшаю-

щіяся при увеличеніи разстояній между частицами, но такъ, что притягательныя силы уменьшаются при этомъ скорѣе, чѣмъ отталкивательныя. Поэтому, когда среднія разстоянія между движущимися частицами газа не велики, то преобладаютъ притягательныя силы и тогда упругость возрастаетъ при сжиманіи медленнѣе, чѣмъ объемъ уменьшается; при нѣкоторой величинѣ среднихъ разстояній между частицами, притягательныя и отталкивательныя силы уравновѣшиваются и тогда газъ слѣдуетъ закону Маріотта; наконецъ, когда разстоянія между частицами очень велики, то преобладаютъ отталкивательныя силы. Но и съ этими дополненіями гипотеза не совсѣмъ отчетливо объясняетъ вліяніе температуры на сжимаемость газовъ. По моему мнѣнію другая гипотеза объясняетъ болѣе удовлетворительно особенности, представляемыя сжимаемостью газовъ. Эта вторая гипотеза допускаетъ, что тѣла состоятъ изъ матеріальныхъ атомовъ, которые окружены эфирными атмосферами, подобно тому, какъ земля окружена воздушною атмосферою. Эфирные атмосферы состоятъ изъ эфирныхъ атомовъ, которые чрезвычайно малы въ сравненіи съ матеріальными атомами. Матеріальные атомы притягиваютъ другъ друга и эфирные атомы, напротивъ эфирные атомы взаимно отталкиваются. Явленія свѣта, теплоты, электричества и магнетизма зависятъ отъ различнаго рода движеній, совершаемыхъ эфирными атомами. Теплота, напримѣръ, приписывается тѣмъ колебаніямъ эфирныхъ атомовъ, которыя совершаются по направленіямъ линій, идущихъ изъ центра матеріальнаго атома во всѣ стороны, такъ что эфирные атомы то приближаются, то удаляются отъ поверхности матеріальныхъ атомовъ. Скорость этихъ колебаній возрастаетъ съ возвышеніемъ температуры. Слѣдствія, выводимыя математическимъ путемъ изъ этой гипотезы, довольно отчетливо указываютъ на вліяніе, оказываемое нагрѣваніемъ на сжимаемость газовъ, — особенно въ томъ случаѣ, когда при выкладкахъ принимаютъ во вниманіе движенія, совершаемыя эфирными атомами. Въ прежней гипотезѣ упругость зависѣла главнымъ образомъ отъ движеній матеріальныхъ атомовъ, здѣсь же — отъ молекулярныхъ силъ. Желающіе поближе познакомиться съ этими гипотезами и съ аналитическими изслѣдованіями ихъ положеній могутъ обратиться къ слѣдующимъ сочиненіямъ

Grudrüge einer Theorie der Gase, von Krönig. (Annalen der Physik und Chemie von Poggendorff. Band 99.) Über die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen, von Clausius (id Band 100.)

Das Dynamiden-System. Grundzüge einer mechanischen Physik, von Redtenbacher. 1857.

О сжимаемости газовъ. Сочиненіе переводчика. *А. Ш.*

Дальнѣйшія замѣтки о расширеніи.

Я дополню настоящую лекцію нѣсколькими замѣтками о расширеніи тѣлъ отъ теплоты. Та часть длинны, поверхности или объема тѣла, на которую оно увеличится при нагрѣваніи на 1°, составитъ линейный, плоскостный или кубическій коэфиціентъ расширенія.

Положимъ, что одна изъ сторонъ квадратной металлической пластинки, длина которой $=1$, расширится при нагрѣваніи на 1° на количество a; тогда сторона новаго квадрата составитъ $1+a$, а его площадь

$$(1+a)\ (1+a)=1+2a+a^2.$$

Въ этомъ случаѣ количество a такъ мало, что квадратъ его почти незамѣтенъ; квадратъ маленькой части обыкновенно значительно менѣе самой частицы. Оттого, не дѣлая почти ошибки, мы можемъ выбросить a^2 въ прежнемъ выраженіи и тогда получимъ площадь новаго квадрата $1+2a$.

$2\,a$ составятъ такимъ образомъ плоскостный коэффиціентъ расширенія; изъ чего мы заключаемъ, что умноживъ линейный коэффиціентъ расширенія на 2, мы получимъ плоскостный коэффиціентъ. Положимъ, что вмѣсто квадрата мы имѣемъ теперь кубъ, одна сторона котораго $=1$, и что по нагрѣваніи куба на 1°, сторона его увеличивается до $1+a$, тогда объемъ расширеннаго куба составитъ

$$(1+a)\ (1+a)\ (1+a)=1+3a+3a^2+a^3.$$

Тутъ, какъ и въ прежнемъ случаѣ, квадратъ a, и тѣмъ болѣе кубъ a могутъ быть выпущены въ слѣдствіе ихъ чрезвычайной малости: Такимъ образомъ объемъ разширеннаго куба

$$=1+3a$$

т. е. кубическій коэффиціентъ разширенія равняется утроенному линейному. Слѣдующія таблицы представляютъ коэффиціентъ расширенія нѣкоторыхъ хорошо извѣстныхъ веществъ.

Мѣдь .	0,000017	0,000051	0,000051
Свинецъ .	0,000029	0,000084	0,000089

Олово	0,000023—0,000069—0,000069
Желѣзо.	0,0000123—0,000037—0,000037
Цинкъ.	0,0000294—0,000088—0,000089
Стекло.	0,000080—0,000024—0,000024

Во второмъ столбцѣ означены линейные коэффиціенты расширенія при нагрываніи на 1° С., въ третьемъ эти коэффиціенты утроены и представляютъ кубическое расширеніе вещества; а четвертый показываетъ кубическое расширеніе того же вещества, опредѣленное профессоромъ Коппомъ.

Мы замѣтимъ, что найденные Коппомъ коэффиціенты почти совершенно согласуются съ полученными чрезъ утроеніе линейныхъ коэффиціентовъ.

Линейный коэффиціентъ стекла

0,0000080

Линейный коэффиціентъ платины

0,0000088.

Стекло и платина расширяются почти одинаково, и это чрезвычайно важно для химиковъ, которые часто находятъ необходимымъ вставлять платиновые проволки въ стеклянныя трубки. Еслибы коэффиціенты ихъ расширенія были различны то стекло непремѣнно должно было бы лопнуть во время сжиманія.

Термометръ.

Жидкое состояніе воды зависитъ отъ движенія частичекъ ея, которое мы называемъ теплотою; когда движеніе достаточно уменьшается, вода начиваетъ кристализоваться, при чемъ температура ея остается постоянно, если давленіе на воду не измѣняется. Такъ напр. во всѣхъ странахъ, лежащихъ въ уровень съ моремъ, вода кристализуется при температурѣ 32° F или 0° С. Температура, при которой осаждаются пары; также остается постоянною подъ постояннымъ давленіемъ.

Ледъ таетъ, а вода замерзаетъ при одной и той же температурѣ 32° F., сгущеніе пара или кипяченіе воды также происходитъ при одинаковой температурѣ 212° Итакъ 32° означаютъ точку замерзанія воды или таянія льда, а 212° точку сгущенія пара или кипѣнія воды.

Обѣ точки не измѣняются до тѣхъ поръ, пока давленіе остается постояннымъ. Слѣдовательно, мы имѣемъ двѣ постоянныя температуры и съ помощію ихъ устраиваются всѣ термометры.

Ртутный термометръ состоитъ изъ шарика и волостной трубочки, діаметръ которой долженъ быть вездѣ одинаковъ. Шарикъ и часть трубки наполнены ртутью. Погрузивъ ихъ въ тающій ледъ, мы замѣчаемъ сжиманіе ртути, столбъ понижается и наконецъ останавливается на одномъ мѣстѣ; это мѣсто и будетъ *точкою замерзанія* па термометрѣ. Опустимъ теперь этотъ снарядъ въ кипящею воду: ртуть расширяется, столбъ подымается и достигаетъ наконецъ высоты, на которой останавливается, это мѣсто въ термометрѣ называется *точкою кипѣнія*. Пространсто между точкою замерзанія и точкою кипѣнія раздѣляется Реомюромъ на 80, Фаренгейтомъ на 180, а Цельзіемъ на 100 равныхъ частей, называемыхъ градусами. Термометръ Цельгія называется также стоградуснымъ.

Реомюръ и Цельзій ставятъ на точкѣ замерзанія 0°, а Фаренгейтъ 32°, потому что онъ ошибочно считалъ, что его нуль температуры соотвѣтствуетъ наибольшему земному холоду. Слѣдовательно точка кипѣнія у Фаренгейна находится при 212°, у Реоюмюра при 80°, а у Цильзія при 100°.

Величины градусовъ на этихъ термометрахъ относятся какъ числа

80: 100: 180 или 4: 5: 9.

Ничего нѣтъ легче, какъ переводить градусы одного термометра на другой. Если хотите перевести Фаренгейтовы градусы на термометръ Цельзія, то умножте ихъ на 5 и раздѣлите на 9; при переводѣ Цельзіевыхъ градусовъ на термометръ Фаренгейта умножьте на 9 и раздѣлите на 5. Такъ 20° С равны 36° F; но для того, чтобы узнать температуру Фаренгейтова термометра соотвѣтствующую 20° С нужно прибавить 32 къ 36, и 68° F означаетъ температуру=20° С.

Извлеченіе изъ перваго ученаго мемуара Деви, носящаго заглавіе «Теплота, свѣтъ и сочетанія свѣта».

Особенныя состоянія тѣлъ — твердое, жидкое и газообразное, — зависятъ по мнѣнію признающихъ существованіе теплородной жидкости отъ количества теплородной жидкости, входящей въ составъ тѣлъ. Это вещество, помѣщаясь между частицами тѣлъ, отдѣляя ихъ одну отъ другой и предупреждая ихъ полное соприкосновеніе составляетъ, по ихъ предположенію, причину отталкиванія.

Другіе естествоиспытатели, не удовольствуясь доказательствами, приводимыми въ пользу существованія такой жидкости, и замѣтивъ об-

разованіе теплоты при треніи и ударѣ, приняли ее за движеніе. Думая, что открытіе дѣйствительной причины отталкивательной силы чрезвычайно важно для науки, я пытался изслѣдовать помощію опытовъ этотъ отдѣлъ химіи; и опыты эти (я опишу ихъ сейчасъ же подробно), привели меня къ заключенію, что теплота или отталкивательная сила *не вещество.*

Явленія отталкиванія не зависятъ отъ особенной упругой жидкости, или теплородъ не существуетъ.

Не разсматривая самыхъ дѣйствій отталкивательной силы на тѣла, и не желая выводить изъ нихъ заключенія, что эта сила есть движеніе, я постараюсь доказать опытами ея невещественность; и въ этомъ дѣлѣ воспользуюсь методомъ, называемымъ математиками reductio ad absurdum (сведѣніе на нелѣпость).

Предположимъ, во-первыхъ, что увеличеніе температуры, производимое треніемъ и ударомъ, происходитъ отъ уменьшенія теплоемкостей дѣйствующихъ тѣлъ. Въ такомъ случаѣ дѣйствіе это должно очевидно произвести нѣкоторое измѣненіе въ тѣлахъ, уменьшить ихъ теплоемкости и увеличить ихъ температуры.

Опытъ. Я досталъ два ледяные параллепипеда (*), температура которыхъ была 29° F, длина 6 д. ширина 2 д. и толщина $^2/_3$ дюйма; проволоками я прикрѣпилъ ихъ къ двумъ желѣзнымъ брускамъ. Поверхности кусковъ льда особеннымъ механизмомъ были приведены въ соприкосновеніе, и въ продолженіи минуты терлись очень быстро одна о другую. Ледъ почти весь превратился въ воду, которую я собралъ, и температуру которой нашелъ въ 35° послѣ того, какъ она простояла нѣсколько минутъ въ болѣе холодной атмосферѣ. Треніе производилось единственно льдомъ, и таяніе совершалось только на трущихся поверхностяхъ льда.

Мы видимъ изъ этого опыта, что треніемъ ледъ превращается въ воду, температура которой выше начальной температуры льда. Согласно предположенію, теплоемкость его должна уменьшиться: но очень хорошо извѣстно, что теплоемкость воды болѣе теплоемкости льда, и для превращенія льда въ воду необходимо прибавить нѣкоторое количество теп-

(*) Результатъ опыта будетъ одинаковъ, если мы употребимъ воскъ, сало, камедь или какое-нибудь другое вещество, плавимое при низкой температурѣ; даже желѣзо можетъ расплавиться помощію сдавливанія.

лоты къ тому, которое уже находилось во льду. Слѣдовательно, треніе не уменьшаетъ теплоемкости тѣлъ. Не менѣе ясно и то, что температура въ этомъ случаѣ не можетъ возвышаться вслѣдствіе соединенія льда съ прикасающимся къ нему кислородомъ воздуха, потому что ледъ не имѣетъ сродства къ кислороду. Узнавъ, что увеличеніе температуры, замѣчаемое при треніи, не можетъ происходить отъ уменьшенія теплоемкости или отъ окисленія трущихся тѣлъ, мы остаемся только при томъ предположеніи, что оно происходитъ отъ вновь сообщеннаго имъ количества теплоты, которое переходитъ въ трущіяся тѣла изъ прикасающихся къ нимъ тѣлъ. Въ такомъ случаѣ треніе должно производить нѣкоторое измѣненіе въ тѣлахъ, дѣлая ихъ способными къ извлеченію теплоты изъ прикасающихся къ нимъ тѣлъ.

Опытъ. Я досталъ часы, которые могли идти подъ колоколомъ, когда изъ подъ него былъ вытянутъ воздухъ. Одно изъ внѣшнихъ ихъ колесъ касалось тонкой металлической пластинки. Удаливъ приборъ отъ тѣлъ, способныхъ сообщать ему теплоту, я привелъ его въ дѣйствіе, и треніе колеса о пластинку образовало значительное количество теплоты. Потомъ я взялъ небольшой кусокъ льда (*), сдѣлалъ около его верхняго края каналъ и наполнилъ его водою. Поставивъ приборъ на ледъ, такъ, чтобы онъ не касался воды, я все вмѣстѣ поставилъ подъ воздушный колоколъ, наполненный углекислотою, положивъ туда въ тоже время нѣсколько поташу. Воздухъ былъ выкачанъ изъ колокола, вслѣдствіе чего, а также вслѣдствіе соединенія углекислоты съ поташемъ, подъ колоколомъ образовалась, я думаю, совершенная пустота.

Приборъ привели въ дѣйствіе; и воскъ, находившійся на трущейся металлической пластинкѣ, быстро распустился, доказывая возвышеніе температуры.

Теплородъ, значитъ, былъ собранъ треніемъ, и, въ силу нашего предположенія, онъ отнимался у тѣлъ, касавшихся прибора. Въ настоящемъ опытѣ ледъ былъ единственнымъ тѣломъ, касавшимся прибора,

---

(*) Въ началѣ опыта температура льда, окружающаго воздуха и прибора была въ 32°. Къ концу опыта самыя холодныя части прибора нагрѣлись до 33°, а ледъ и окружающая атмосфера остались при первоначальной температурѣ. Теплота же, произведенная треніемъ разныхъ частей прибора, могла повысить температуру почти полъ-фунта метала по крайней мѣрѣ на 1° и превратить 18 грановъ воска (количество, употребленное въ этомъ опытѣ) въ жидкое состояніе.

и еслибы ледъ сообщилъ ему свой теплородъ, то верхняя вода въ каналѣ должна была бы замерзнуть. Но вода не замерзла, значитъ ледъ не выдѣлилъ своего теплорода. Теплородъ не могъ получиться отъ тѣлъ, прикасавшихся ко льду, такъ какъ для того, чтобы достигнуть прибора онъ долженъ былъ пройти черезъ ледъ, который при этомъ превращался бы въ воду.

Изъ этого видно, что теплота, развиваемая тренiемъ, не можетъ получаться изъ прикасающихся тѣлъ; первымъ же опытомъ было доказано, что возрастанiе температуры при тренiи не можетъ происходить отъ уменьшенiя теплоемкости или окисленiя тѣлъ. Но если теплота есть вещество, то она должна производиться однимъ изъ подобныхъ способовъ. А какъ только опытами доказано, что она не производится ни тѣмъ, ни другимъ, то ее нельзя и разсматривать какъ вещество. И такъ, самыми опытами доказывается, что теплородъ или теплородная жидкость не существуетъ. Твердыя тѣла вслѣдствiе долгаго и сильнаго тренiя расширяются, и достигнувъ температуры высшей, чѣмъ температура нашего тѣла, производятъ на насъ ощущенiе, называемое обыкновенно теплотою.

Если тѣла расширяются отъ тренiя, то очевидно, частицы ихъ должны двигаться, или отдѣляться одна отъ другой. Движенiе или колебанiе частицъ тѣлъ необходимо должно возбуждаться тренiемъ или ударомъ; и такимъ образомъ мы справедливо можемъ заключить, что движенiе или колебанiе частичекъ есть теплота или отталкивательная сила. И такъ теплота, или сила, не допускающая полнаго соприкосновенiя частицъ тѣлъ, производящая въ насъ особенныя ощущенiя теплоты и холода, должна быть разсматриваема, какъ особеннаго рода движенiе, — вѣроятно, колебанiе частицъ, стремящееся увеличить разстоянiе между ними. Оно справедливо можетъ быть названо отталкивательнымъ движенiемъ.

Коль скоро существуетъ отталкивательное движенiе, то частицы тѣлъ могутъ быть разсматриваемы, какъ находящiяся подъ влiянiемъ двухъ противоположныхъ силъ: приближающей силы, называемой для большаго удобства притяженiемъ, и отталкивательнаго движенiя. Первая есть сложное дѣйствiе силы сцѣпленiя, вслѣдствiе которой частицы соединяются одна съ другою; силы тяготѣнiя, вслѣдствiе которой онѣ стремятся приблизиться къ смежнымъ большимъ массамъ вещества и давленiе, подъ которымъ они находятся, и которое зависитъ отъ тяготѣнiя къ землѣ лежащихъ подъ ними тѣлъ.

Вторая есть слѣдствіе особеннаго толчка, сообщающаго качательныя движенія частицамъ и побуждающаго ихъ отдѣляться одна отъ другой. Такое движеніе можетъ быть возбуждено, или, скорѣе, усилено треніемъ или ударомъ. Притягательная сила сцѣпленія дѣйствуетъ на частицы точно также, какъ дѣйствуетъ притягательная сила тяготѣнія на большія тѣла вселенной, а отталкивательная сила соотвѣтствуетъ тѣмъ количествамъ движенія, которыя сообщены планетамъ.

Деви въ своей «Философіи Химіи», стр. 94 и 95 говоритъ такъ: «Посредствомъ умѣреннаго тренія, какъ видно изъ опытовъ Румфорда, можно впродолженіи нѣкотораго времени производить теплоту помощью одного и того же куска металла, такъ что если теплота выдавливается изъ него, то количество ея въ немъ должно быть неистощимо. При охлажденіи объемъ тѣла уменьшается, и частицы его очевидно приближаются одна къ другой. При нагрѣваніи тѣло расширяется, и не менѣе очевидно, что частицы его удаляются одна отъ другой. Непосредственная причина явленій теплоты, значитъ, есть движеніе, и законы ея сообщенія совершенно сходны съ законами сообщенія движенія.

Если объемъ всякаго тѣла уменьшается при охлажденіи, то изъ этого необходимо слѣдуетъ, что между частицами тѣлъ находятся промежутки; коль скоро всякое тѣло можетъ сообщить расширительную силу другому тѣлу низшей температуры, т. е. сообщать его частицамъ расширительное движеніе, то естественно заключить, что его собственныя частицы находятся въ состояніи движенія. Но части тѣлъ не измѣняютъ своего положенія въ продолженіи всего того времени, когда температура ихъ остается одинаковою, и движеніе, если и существуетъ, должно быть движеніемъ колебательнымъ, волнообразнымъ, или движеніемъ частицъ вокругъ своихъ осей, или движеніемъ ихъ одной около другой.

Кажется, что возможно объяснить всѣ явленія теплоты, если предположить, что частицы твердыхъ тѣлъ постоянно колеблются и частицы теплѣйшихъ тѣлъ движутся съ большею быстротою и въ большемъ пространствѣ; что въ капельныхъ и упругихъ жидкостяхъ, кромѣ колебательнаго движенія, которое должно быть сильнѣе въ послѣднихъ, частицы движутся еще вокругъ своихъ осей съ различною скоростью, большею для частицъ упругихъ жидкостей, и что въ эфирныхъ веществахъ частицы обращаются вокругъ своихъ осей, и независимо одна отъ другой движутся въ пространствѣ по прямымъ линіямъ. Температура, должно полагать, зависитъ отъ быстроты колебаній, теплоем-

кость — отъ величины совершаемыхъ колебаній; уменьшеніе температуры при превращеніи твердыхъ тѣлъ въ жидкія или газообразныя, можетъ объясниться потерею колебательнаго движенія частицъ вслѣдствіе ихъ обращенія вокругъ своихъ осей въ тотъ моментъ, когда тѣло становится жидкостью или газомъ, или уменьшеніемъ быстроты колебаній вслѣдствіе движенія частицъ въ пространствѣ.

ЛЕКЦІЯ IV.

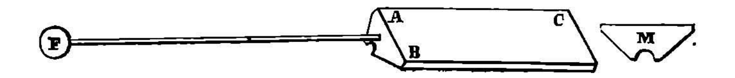
Приборъ Тревеліана. Вращающіеся шарики Гора. Вліяніе давленія на температуру плавленія. Плавленіе льда и раздѣленіе его на слои, когда онъ подвергается давленію. Изслѣдованіе льда помощію лучистой теплоты. Жидкіе цвѣты съ пятнами на серединѣ. Механическія особенности воды, не содержащей воздуха. Температура кипѣнія жидкостей и причины, имѣющія вліяніе на это. Исландскій Гейзеръ.

Прежде нежели совершенно оставимъ изслѣдованіе расширенія тѣлъ, производимаго теплотою, разсмотримъ еще любопытный опытъ, показывающій превращеніе теплоты въ механическую силу.

Явленіе, которое я хочу воспроизвести передъ вами, было впервые замѣчено Шварцомъ на одномъ изъ плавильныхъ заводовъ въ Саксоніи. Нужно было охладить нѣкоторое количество расплавленнаго серебра, и, для ускоренія дѣйствія, его вылили на наковальню. Чрезъ нѣсколько времени послышался странный звукъ, на подобіе жужжанія; онъ издавался горячимъ серебромъ, которое, какъ увидѣли, дрожало на наковальнѣ. Спустя нѣсколько лѣтъ, г. Артуръ Тревеліанъ случайно, при своихъ занятіяхъ, положилъ горячее желѣзо на кусокъ свинца. Вскорѣ вниманіе его было привлечено страннымъ звукомъ, происходившимъ, какъ онъ послѣ доискался, отъ желѣза, которое колебалось, какъ и серебро у Шварца. Это открытіе сдѣлалось предметомъ очень интереснаго изслѣдованія Тревеліана. Онъ опредѣлилъ, при какой формѣ металла колебанія бываютъ особенно замѣтны. Такой кусокъ металла называется «колебатель» а весь приборъ — приборомъ Тревеліана. Съ тѣхъ поръ предметъ этотъ обратилъ на себя вниманіе Форбеса, Сибека, Фарадэ, Зондгауза и мое; но мы наиболѣе обязаны Тревеліану и Сибеку.

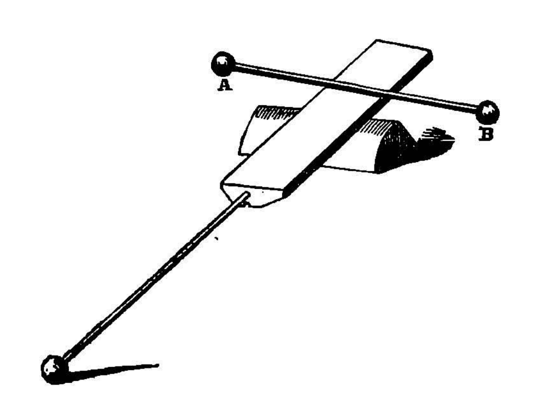
Вотъ такой колебатель, сдѣланный изъ мѣди; длина его АС (фиг. 26) составляетъ 5 д., ширина АВ—1,5 д., а длина ручки, окан-

Фиг. 26.



чивающейся шарикомъ F, 10 д. На задней части колебателя, по серединѣ ея, проходитъ жолобъ; М представляетъ поперечный разрѣзъ колебателя и жолоба. Нагрѣваю колебателя на столько, что онъ становится нѣсколько горячѣе кипящей воды, и кладу его на кусокъ свинца, оставляя шарикъ ручки на столѣ. Вы слышите быстрый рядъ довольно сильныхъ ударовъ, но не видите качаній колебателя, отъ которыхъ происходятъ эти удары. Вотъ мѣдный прутъ АВ (фиг. 27), съ двумя шариками на концахъ; я кладу его на колебателя, вслѣдствіе чего колебанія его замедляются, и вы легко можете слѣдить за движеніемъ прута и шариковъ, попеременно наклоняющихся, подобно маятнику, то въ ту, то въ другую сторону. Такое движеніе продолжится до тѣхъ поръ, пока колебатель будетъ въ состояніи сообщать достаточно теплоты свинцу, на которомъ онъ лежитъ. Мы замедляемъ колебанія, но ихъ можно также ускорить, взявъ колебатель съ болѣе широкимъ жолобомъ. Тогда бока колебателя не такъ далеко отстоятъ отъ точекъ опоры его, и чрезъ это колебанія ускоряются подобно тому, какъ они ускоряются при укорачиваніи маятника. Какъ только мы положимъ его на свинецъ, тотчасъ начнется прерывающаяся и не совсѣмъ пріятная музыка; теперь колебатель издаетъ какіе-то нестройные, жалобные звуки, но вотъ они становятся пріятными, вы слышите полный и чистый тонъ; удары колебателя повторяются періодически, и пра-

Фиг. 27.

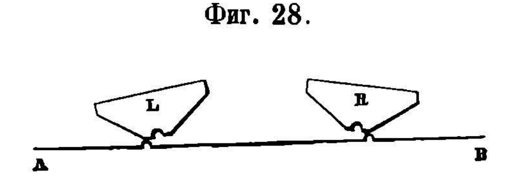


вильное слѣдованіе ихъ одинъ за другимъ производитъ музыкальный звукъ.

Посредствомъ колебателя съ болѣе широкимъ жолобомъ можно получить еще болѣе высокій тонъ. Вы знаете, что высота тона зависитъ отъ числа колебаній; колебатели съ широкими жолобками колеблются быстрѣе и потому издаютъ болѣе высокій тонъ. Лучь свѣта, направленный на колебатель, доставитъ намъ возможность хорошо слѣдить за его колебаніями, лучше нежели прутъ съ шариками; лучь свѣта не имѣетъ вѣса и не замедлитъ движеній колебателя, къ которому я прикрѣпилъ маленькій кружокъ отшлифованнаго серебра, на который падаетъ свѣтъ электрической лампы и отражается на экранѣ. Когда колебатель колеблется, то вмѣстѣ съ тѣмъ движется и лучь, и притомъ съ угловою скоростью вдвое большею, чѣмъ скорость колебателя. Вы видите дрожащую полосу свѣта на экранѣ. Что за причина этихъ странныхъ колебаній и тоновъ? Просто внезапное расширеніе тѣла, на которомъ лежитъ колебатель.

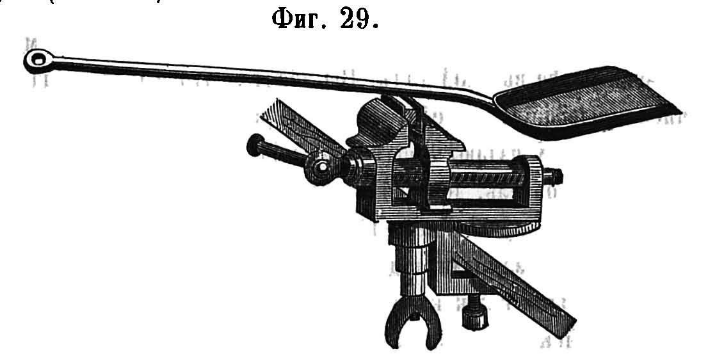
Когда горячій колебатель прикасается къ свинцу, на немъ внезапно вскакиваетъ бугорокъ вслѣдствіе теплоты, сообщившейся свинцу въ точкѣ его прикосновенія къ колебателю, который, качаясь, касается свинца другими своими частями, и на свинцѣ появляются новые бугорки. AB (Фиг. 28) представляетъ поверхность свинца, а R поперечный разрѣзъ горячаго колебателя. При наклоненіи его направо, образуется бугорокъ у R, при наклоненіи на лѣво у L. Пока температура колебателя не понизится достаточно, онъ продолжаетъ качаться, и быстрый рядъ его ударовъ о свинецъ производитъ музыкальные звуки. Я помѣстилъ въ тиски два куска листоваго свинца, выдвинулъ ихъ верхнія края и оставилъ между ними около полъ-дюйма разстоянія. Положимъ на свинецъ этотъ длинный мѣдный согрѣтый брусъ. Сначала онъ опирается на одинъ листъ свинца, который, расширившись въ точкѣ своего прикосновенія къ мѣдному брусу, поднимаетъ его, тогда мѣдь падаетъ на другое ребро, оно отбрасываетъ ее въ свою очередь. Колебаніе это продолжается до тѣхъ поръ, пока мѣдь будетъ въ состояніи сообщать теплоту свинцу. Вмѣсто мѣднаго бруса я кладу на свинецъ

Фиг. 28.



согрѣтый совокъ, и онъ качается совершенно также, какъ качался мѣдный брусъ (Фиг. 29).

Фиг. 29.



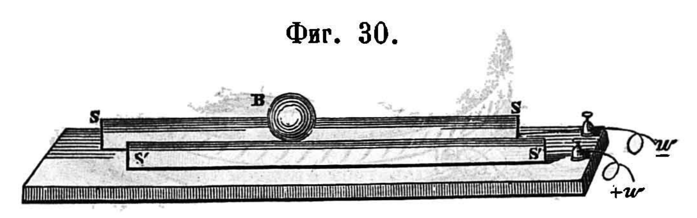
Вообще, стоитъ только положить кочергу или совокъ на кусокъ свинца, поддерживая ихъ ручки во избѣжанiе тренiя, и мы получимъ такiе же прiятные музыкальные звуки, какiе издавалъ сегодня качающiйся колебатель. Согрѣтый обручь, положенный на свинцовую пластину, также долженъ качаться и звенѣть; тоже самое произойдетъ съ нагрѣтою монетою (*).

Этотъ опытъ, какъ показывающiй соотношенiя силъ природы, очень интересенъ. Атомы должны быть разсматриваемы какъ части безконечно малыя, но и за то безконечно многочисленные. Увеличенiе амплитуды колебанiй атомовъ вслѣдствiе возвышенiя температуры чрезвычайно мало и для насъ нечувствительно; но безчисленное множество такихъ увеличенiй въ сложности дѣлается замѣтнымъ. Движенiя эти складываются, и вслѣдствiе этого производятъ бугорки на свинцѣ, которые качаютъ тяжелую массу колебателя. Здѣсь мы видимъ непосредстенное превращенiе теплоты въ обыкновенное механическое движенiе. Качающiйся колебатель, ударяясь о свинецъ, возстановляетъ часть теплоты, потраченную на его поднятiе. Здѣсь мы видимъ превращенiе обыкновенной силы тяжести въ теплоту. Кромѣ того, колебатель находится въ средѣ, способной двигаться, и часть движенiй колебателя передается этой средѣ. Такимъ образомъ каждая частица воздуха этой комнаты, каждая барабанная перепонка, каждый слуховой нервъ сотрясаются, и всѣ эти движенiя, вызванныя качанiями колебателя, производятъ звукъ. Здѣсь, слѣдовательно, происходитъ превращенiе части теплоты въ звукъ. Наконецъ, всякое звуковое колебанiе, распространяющееся въ воздухѣ

(*) Дальнѣйшiя объясненiя смотри въ Прибавленiи къ этой лекцiи.

этой комнаты, доходитъ до стѣнъ и скамеекъ и, переставая производить звукъ, снова превращается въ ту форму, съ которой начался весь рядъ измѣненій, — именно въ теплоту. Вотъ другое любопытное явленіе, открытіемъ котораго мы обязаны Гору; оно объясняется подобнымъ же образомъ. Двѣ мѣдныя полоски SS S'S' (Фиг. 30) поставлены ребромъ,

Фиг. 30.

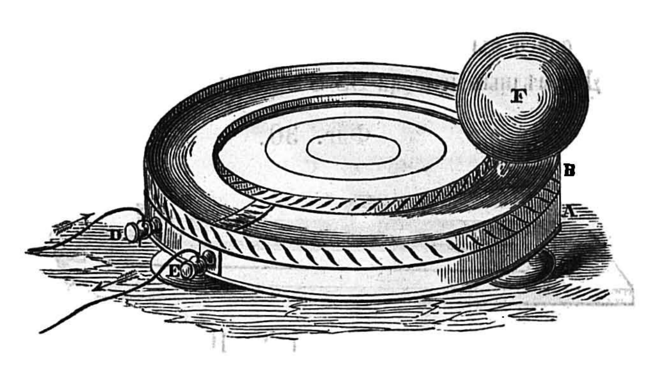


на разстояніи дюйма одна отъ другой. Пустой металлическій шаръ лежитъ на этихъ полоскахъ; онъ стоитъ на одномъ мѣстѣ, и выходитъ изъ своего покойнаго положенія только тогда, когда его толкнутъ. Соединимъ проволоками *w* и *w'* обѣ полоски съ двумя полюсами Вольтовой батареи. Токъ проходитъ по одной изъ полосокъ къ шару, оттуда черезъ шаръ переходитъ въ другую полоску и возвращается назадъ къ батареѣ. Проходя отъ одной полоски къ шарику и отъ шарика къ другой полоскѣ, токъ встрѣчаетъ сопротивленія, а въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ токъ встрѣчаетъ сопротивленія, всегда развивается теплота. Слѣдовательно, въ настоящемъ случаѣ теплота развивается въ двухъ точкахъ прикосновенія шарика къ полоскамъ; и она производитъ возвышеніе полосокъ въ этихъ точкахъ. Шарикъ, бывшій минуту тому назадъ совершенно покойнымъ, начинаетъ понемногу колебаться, потомъ катится, останавливается и потомъ опять катится; движеніе его постепенно ускоряется, онъ проходитъ все пространство между двумя полосками и падаетъ на полъ.

Вотъ другой приборъ, устроенный Горомъ; въ немъ мѣдныя полоски составляютъ два концентрическихъ обруча, по которымъ катится шаръ F (Фиг. 31) если возбуждается токъ. Горъ клалъ легкіе шары на концентрическія полоски горячей мѣди. Здѣсь сила, движущая шаръ таже самая, которая приводила въ движеніе колебатель Травеліана.

Въ послѣдней лекціи я показалъ расширеніе воды, при переходѣ ея изъ жидкаго состоянія въ твердое; большею же частію другія вещества при отвердѣваніи сжимаются. Вотъ круглый стеклянный сосудъ съ горячею водою, въ которую я выливаю изъ ложки нѣсколько растопленнаго воска; воскъ образуетъ теперь надъ водою жидкій слой, около дюйма толщины. Если станемъ охлаждать сосудъ, то замѣтимъ, что

Фиг. 31.



воскъ, покрывавшій всю поверхность воды и прикасавшійся къ сосуду, теперь отдѣляется отъ стѣнокъ его такъ, что мы получимъ восковую пластинку, площадь которой значительно менѣе площади сосуда.

И такъ воскъ, переходя изъ твердаго состоянія въ жидкое, расширяется. Чтобы принять жидкую форму, разстоянія между его частицами должны увеличиться. Но положимъ, что мы сопротивляемся расширенію воска и для этого употребляемъ механическую силу. Положимъ, что твердый воскъ совершенно наполняетъ крѣпкій сосудъ, который представитъ, конечно, сильное сопротивленіе расширенію массы внутри его. Что же произойдетъ, если мы станемъ расплавлять воскъ въ сосудѣ? Въ обыкновенномъ случаѣ, когда расширенію воска ничто не препятствуетъ, теплота преодолѣваетъ только сцѣпленіе его частицъ, но теперь, кромѣ этого сцѣпленія, она должна преодолѣть и сопротивленіе, представляемое сосудомъ. Путемъ простого разсужденія мы доходимъ до заключенія, что на растопленіе воска при послѣднихъ условіяхъ требуется большее количество теплоты, нежели тогда, когда на него не производятъ давленія; иными словами: точка плавленія воска возвышается съ увеличеніемъ давленія на воскъ. Такое заключеніе вполнѣ оправдывается опытомъ не только надъ воскомъ, но и надъ всѣми другими веществами, которыя сжимаются при отвердѣваніи и расширяются при переходѣ въ жидкое состояніе. Гопкинсъ и Фэрбэрнъ, помощію давленія, возвысили градусовъ на 20 или 30 F точку плавленія нѣкоторыхъ веществъ, которыя уменьшаются въ объемѣ при отвердѣніи.

Опыты эти приводятъ къ весьма замѣчательнымъ выводамъ. Извѣстно, что температура земли, по мѣрѣ того какъ мы проникаемъ въ нее глубже, постепенно возвышается, и на нѣкоторой глубинѣ, кото-

фую легко вычислить, всѣ извѣстныя намъ земныя тѣла должны быть расплавлены. Гопкинсъ замѣчаетъ однако, что вслѣдствіе громаднаго давленія верхнихъ слоевъ на внутренніе, для расплавленія внутреннихъ частей земли потребовалась бы несравненно высшая температура, нежели для расплавленія слоевъ, близкихъ къ поверхности. Отсюда онъ заключаетъ, что твердая кора должна быть гораздо толще, чѣмъ показываютъ вычисленія, основанныя на предположеніи, что температуры плавленія внѣшнихъ и внутреннихъ слоевъ земли одинаковы.

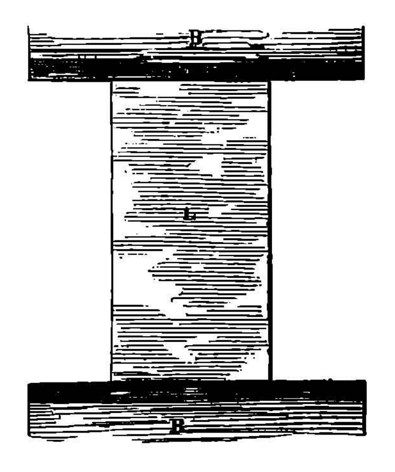
Перейдемъ отъ воска ко льду. Ледъ, распускаясь, сжимается; когда вода находится въ твердомъ состояніи, то разложеніе ея атомовъ требуетъ бо́льшаго пространства, нежели какое имъ нужно въ жидкомъ состояніи. Это зависитъ, безъ сомнѣнія, отъ кристаллическаго строенія льда. Притягивающіеся полюсы частицъ во время кристаллизаціи соединяются и располагаются такъ, что между ними остаются бо́льшіе промежутки. Мы можемъ предположить, что частицы воды, для образованія льда, обращаются другъ къ другу своими углами, причемъ центры атомовъ удаляются. Какъ бы не располагались атомы при замерзаніи воды, во всякомъ случаѣ центры ихъ удаляются другъ отъ друга. Значитъ, охлажденіе сообщаетъ имъ способность удаляться другъ отъ друга и увеличивать при этомъ объемъ тѣла. Давленіе въ этомъ случаѣ очевидно противодѣйствовало бы расширенію, необходимому для превращенія жидкой воды въ твердую массу, и слѣдовательно способствовало бы ей сохранять свое жидкое состояніе. Это разсужденіе приводитъ насъ къ заключенію, что точка плавленія веществъ, расширяющихся при отвердѣваніи, понижаются при увеличеніи давленія на нихъ.

Профессоръ Джемсъ Томсонъ первый обратилъ вниманіе на этотъ фактъ, и теоретическія его разсужденія были подтвержены опытами его брата Вильяма Томсона. Слѣдующій интересный опытъ покажетъ намъ справедливость нашихъ выводовъ.

Вотъ квадратный столбикъ чистаго льда $1\frac{1}{2}$ дюйма вышины, и около квадратнаго дюйма въ поперечномъ разрѣзѣ; въ настоящую минуту температура его = 0° C. Если я подвергну этотъ ледъ давленію, то этимъ понижаю точку его плавленія, то есть ледъ, находясь подъ давленіемъ, таетъ при температурѣ ниже 0° C, и, въ такомъ случаѣ, его настоящая температура будетъ выше той, при которой онъ растаетъ при существующихъ условіяхъ. Я выбралъ такой кусокъ льда, въ которомъ замерзшіе слои перпендикулярны къ высотѣ столбика. Расположеніе воздушныхъ пузырьковъ, находящихся во льду, позволило мнѣ

узнать направленіе замерзшихъ слоевъ. Поставивъ ледяной столбикъ L вертикально между двумя деревянными дощечками BB′ (Фиг. 32), я помѣщаю все вмѣстѣ между пластинками маленькаго гидравлическаго пресса. Сквозь ледъ проходитъ лучь свѣта электрической лампы,—и посредствомъ двояко-выпуклаго стекла, мы получаемъ увеличенное изображеніе льда на экранѣ. Пучекъ лучей былъ сперва освобожденъ отъ лучей теплоты, которыхъ въ немъ осталось такъ мало, что они не могутъ расплавить льда, и свѣтъ проходитъ сквозь ледъ, не распуская его. Ледяной столбикъ сдавливается прессомъ довольно сильно, и вы видите, что уже начинаютъ появляться темныя полоски, перпендикулярныя къ направленію давленія. Полоски появляются сперва въ серединѣ массы льда, и, по мѣрѣ того, какъ я продолжаю увеличивать давленіе, они увеличиваются и появляются новыя, и наконецъ весь столбикъ испещряется ими. Что такое эти полоски? Это просто жидкіе слои воды; и ихъ можно увидѣть, смотря на ледъ наискось. Ледъ расплавился въ плоскостяхъ, перпендикулярныхъ къ давленію; и эти жидкіе слои, когда на нихъ смотрѣть съ боку, кажутся ясно очерченными полосками (*).

Фиг. 32.



Во всѣхъ своихъ состояніяхъ, — въ твердомъ, жидкомъ и газообразномъ — вода представляетъ одно изъ замѣчательнѣйшихъ веществъ въ природѣ. Разсмотримъ нѣсколько подробнѣе ея удивительныя особенности. При температурахъ, высшихъ 32° F. или 0° C, движенія, сообщаемыя теплотою частицамъ воды, удерживаютъ ихъ отъ тѣснаго соединенія; но при 0° C движенія ихъ значительно уменьшаются, и атомы, плотно соединяясь другъ съ другомъ, образуютъ твердое тѣло. Соединеніе ихъ однако подчинено извѣстному закону. Многимъ можетъ казаться, что кусокъ льду нисколько не интереснѣе и не прекраснѣе куска стекла; но въ научномъ отношеніи ледъ имѣетъ надъ стекломъ такое же преимущество, какъ араторія Генделя надъ базарнымъ шу-

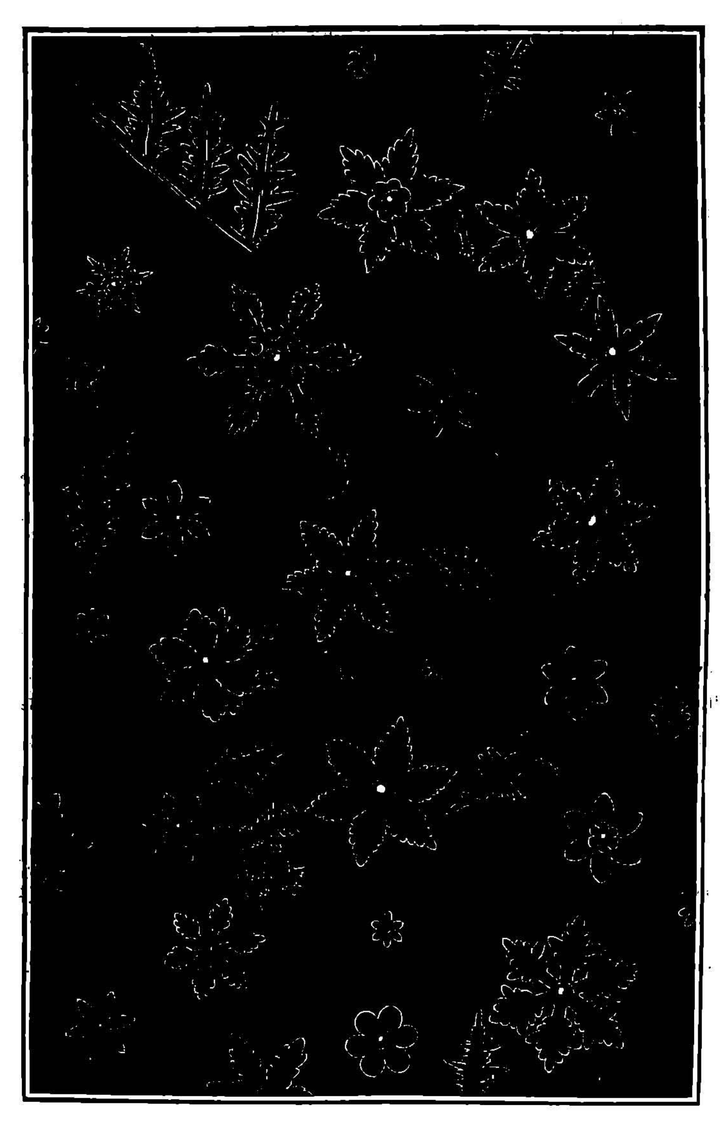
(*) Дальнѣйшія свѣдѣнія объ этомъ смотри въ прибавленіяхъ.

момъ. Въ стеклѣ частичныя силы находятся въ хаотическомъ состоянiи, тогда какъ во льду онѣ образовываютъ правильную ткань, чудесное строенiе которой я попытаюсь теперь показать вамъ. Какъ могу я показать вамъ внутренное строенiе льда? Солнечный лучь, или, за неимѣнiемъ его, лучь электрической лампы дѣлается годнымъ для этого дѣла анатомомъ. Принявъ снарядъ, который задерживалъ лучи теплоты въ послѣднемъ опытѣ, я пропущу весь пучекъ лучей, идущихъ отъ лампы, сквозь этотъ кусокъ чистаго льда. Они раздробятъ кристаллическое зданiе на куски, совершенно уничтожая порядокъ ихъ строенiя. Тихо и симметрически располагаетъ кристаллизующая сила атомы; тихо и симметрически разрушаетъ ихъ электрическiй лучь. Поставимъ эту ледяную пластинку передъ лампою, свѣтъ которой пройдетъ сквозь нее. Сравнивая лучь еще не вошедшiй въ ледъ съ тѣмъ, который уже прошелъ сквозь него, мы не замѣчаемъ между ними никакой видимой разницы: прохожденiе сквозь ледъ не ослабило яркости свѣта, но теплота его значительно ослабилась. Часть теплоты остается во льду, и она-то производитъ тамъ дѣйствiе. Что же дѣлаетъ она тамъ? Посредствомъ двояко выпуклаго стекла мы получаемъ увеличенное изображенiе ледяной пластинки на экранѣ. (Фиг. 33). Изображенiе, впрочемъ, по красотѣ своей стоитъ гораздо ниже самаго предмета. Вотъ появилась звѣздочка, тамъ другая, и по мѣрѣ того, какъ дѣйствiе продолжается, ледъ разлагается на звѣздочки, изъ которыхъ каждая съ шестью зубцами и походитъ на красивый, шестилепестный цвѣтокъ. Подвигая стекло, я получаю изображенiя другихъ звѣздъ. Края лепестковъ становятся зазубренными и напоминаютъ листья папоротника. Вѣроятно немногiе изъ васъ знали о невидимой красотѣ обыкновеннаго льда. Прибавьте къ этому, что расточительная природа дѣйствуетъ такимъ образомъ во всемъ мiрѣ: образованiе каждаго атома льда, покрывающаго сѣверныя воды, совершается по этому же закону. На наукѣ лежитъ обязанность постигать эти законы.

Въ связи съ этимъ опытомъ находятся очень мелкiя, но очень интересныя явленiя, и я хочу обратить на нихъ ваше вниманiе. Вы видите звѣздочки при помощи свѣта, проходящаго сквозь нихъ и сквозь ледъ; но если станете разсматривать эти звѣздочки освѣщая ихъ такъ, чтобы лучи, идущiе отъ нихъ въ нашъ глазъ, не проходили бы сквозь звѣздочки, а отражались бы отъ нихъ, то замѣтите въ центрѣ каждой звѣздочки крапинку, которая блеститъ подобно отшлифованному серебру. Можно бъ было предположить, что это мѣсто есть воздушный пузы-

рекъ; но погружая звѣздочку въ теплую воду, гдѣ растаиваетъ ледъ вокругъ крапинки и сама крапинка исчезаетъ, мы не замѣчаемъ никакого слѣда существованія такого пузырька. Эта крапинка *есть пустота.*

Фиг. 33.



Смотрите, какъ правильно дѣйствуетъ природа, какъ строго выдерживаетъ она свои законы. Въ прошлой лекціи мы узнали, что ледъ, тая, сжимается; теперь приходимъ другимъ путемъ къ тому же факту. Вода

этихъ звѣздочекъ не можетъ наполнить пространства, которое прежде было занимаемо льдомъ; при таяніи льда образуются звѣздочки, и такъ какъ онѣ не могутъ быть наполнены водою, то образуется маленькая пустота.

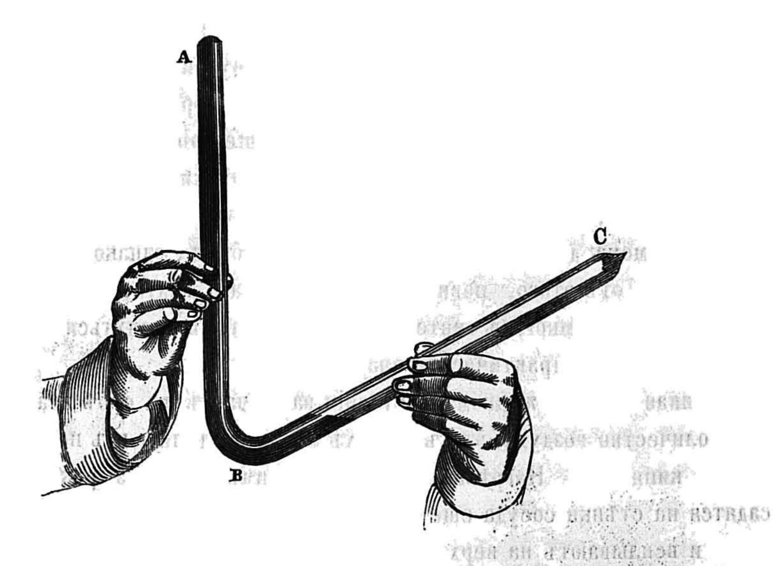
Когда я впервые разсматривалъ эти красивыя фигуры звѣздочекъ, мнѣ показалось, что при появленіи центральной крапинки, похожей на свѣтлую точку, внезапно образовавшуюся внутри льда, я услышалъ трескъ, какъ будто ледъ разломался въ минуту образованія блестящаго центра. Сначала я заподозрилъ здѣсь дѣйствіе воображенія, сообщившаго мнѣ впечатлѣніе звука при появленіи крапинки. Говорятъ, народъ, видя метеоры, часто представляетъ себѣ шумъ ихъ движенія, тогда какъ на самомъ дѣлѣ его не слышно. Трескъ былъ, однако, дѣйствителенъ, и идя отъ этого, повидимому маловажнаго факта, можно прійти къ изслѣдованію многихъ интересныхъ явленій и коснуться даже вопроса, имѣющаго практическое значеніе.

Всякая вода въ жидкомъ состояніи заключаетъ въ себѣ значительное количество воздуха; этотъ воздухъ можно выдѣлить изъ нея посредствомъ кипяченія. Нагрѣвая воду, мы видимъ, что пузырьки воздуха садятся на стѣнки сосуда еще задолго до кипѣнія, подымаются въ жидкости и всплываютъ на верхъ. Одно изъ замѣчательнѣйшихъ слѣдствій присутствія воздуха въ водѣ состоитъ въ томъ, что онъ способствуетъ кипѣнію ея. Силою своей упругости онъ расталкиваетъ атомы и такимъ образомъ помогаетъ имъ принять газообразную форму.

Но положимъ, что воздухъ удаленъ изъ воды. Атомы ея, ничѣмъ теперь нераздѣляемые, гораздо плотнѣе примыкаютъ другъ къ другу. Сила сцѣпленія воды значительно увеличивается удаленіемъ изъ нея воздуха. Вотъ стеклянный сосудъ, такъ называемый водяной молотокъ: онъ содержитъ въ себѣ воду, не содержащую воздуха. Вслѣдствіе этого, вода при паденіи издаетъ звукъ, похожій на ударъ твердаго тѣла. Вы слышите, какъ вода ударяется о конецъ трубки, когда я опрокидываю эту послѣднюю вверхъ дномъ. Посредствомъ другой трубки АВС (Фиг. 34), согнутой въ видѣ буквы V, можно показать, какое вліяніе производитъ долгое кипяченіе воды на силу ея сцѣпленія. Въ одну изъ половинокъ трубки я наливаю воду, которая при наклоненіи трубки свободно протекаетъ въ другую часть ея. Я снова переливаю воду въ первую половинку и слегка ударяю концомъ трубки о столъ. Сначала слышите слабый и звенящій звукъ; и въ продолженіи всего того времени, когда онъ слышится, вода еще не совершенно прикасается къ трубкѣ. Я про-

должаю удары: вы замѣчаете измѣненіе звука; звонъ исчезаетъ, и звукъ становится похожимъ на звукъ твердаго тѣла, падающаго на другое такое же тѣло. Я поднимаю трубку, опрокидываю вверхъ дномъ; но столбъ

Фиг. 34.



воды остается въ AB: частицы воды такъ крѣпко пристали къ стѣнкамъ трубки и такъ плотно примкнули одна къ другой, что перестаютъ обнаруживать свойства жидкости и отказываются отъ подчиненія закону тяготѣнія.

Изъ этого видно, какъ велико здѣсь увеличеніе силы сцѣпленія. Благодаря ему, жидкость закипаетъ съ большимъ трудомъ. Температуру воды, освобожденной такимъ образомъ отъ воздуха, можно возвысить до 100° и гораздо выше ея обыкновенной точки кипѣнія, — и она не закипаетъ. Когда же она наконецъ закипитъ, то въ ней накопится уже громадное количество излишней теплоты. Плотно сомкнувшіеся атомы отдѣляются наконецъ другъ отъ друга, но съ такою силою, съ какою лопается сильно натянутая пружина, и кипѣніе превращается во взрывъ. Открытіемъ этого интереснаго свойства воды мы обязаны Донни въ Гентѣ. Но возвратимся ко льду. Вода, кристаллизуясь, выдѣляетъ изъ себя весь воздухъ; всѣ постороннія тѣла выжимаются во время замерзанія и ледъ не содержитъ въ себѣ раствореннаго воздуха. Предположимъ, что мы распускаемъ кусокъ чистаго льда при такихъ условіяхъ, когда воздухъ не можетъ въ него проникнуть; полученная

изъ него вода будетъ имѣть большую силу сцѣпленія и, при нагрѣваніи ее, должно повториться то дѣйствіе, о которомъ я только что говорилъ. Фарадэ доказалъ это на самомъ дѣлѣ. Онъ распустилъ чистый ледъ, наливши на него скапидарнаго спирту, и нашелъ, что полученная такимъ образомъ вода могла нагрѣваться до температуры, гораздо высшей точки ея кипѣнія, и что при закипаніи происходилъ очень сильный взрывъ.

Приложимъ эти факты къ объясненію образованія пустоты въ центрѣ водяныхъ звѣздочекъ, которыя появляются при таяніи льда. Онѣ образуются въ мѣстѣ, куда не можетъ проникнуть воздухъ. Представимъ себѣ, что такія звѣздочки образуются и увеличиваются въ объемѣ. Сцѣпленіе между частицами воды такъ велико, что она сопротивляется постороннему вліянію, и нѣкоторое время втягиваетъ стѣнки своего вмѣстилища. Но когда звѣздочка достигнетъ извѣстнаго размѣра, то вода не можетъ наполнить того пространства, которое прежде наполнялось льдомъ, образовавшимъ при таяніи воду здѣздочки, — тогда въ жидкости происходитъ разрывъ, образуется пустота и слышится трескъ.

Теперь разсмотримъ еще одинъ фактъ, имѣющій связь со всѣми этими явленіями. Замѣчательно, что большое число локомотивовъ разрывались, покидая станцію, гдѣ они оставались нѣкоторое время въ покоѣ; число взрывовъ, происшедшихъ именно въ то время, когда машина начинала пускать пары, удивительно велико. Положимъ, что по достаточномъ кипѣніи воды въ котлѣ локомотива, весь воздухъ выходитъ изъ нея, и жидкость пріобрѣтаетъ въ большей или меньшей мѣрѣ высокую степень сцѣпленія, на которое я обращалъ уже вниманіе ваше. Такой водѣ, для того чтобы она закипѣла, нужно сообщить гораздо больше теплоты, чѣмъ сколько нужно для кипѣнія. Когда кондукторъ наконецъ пускаетъ паръ, то сцѣпленіе преодолѣвается, и образуется количество пара, могущее произвести взрывъ. Я не говорю, чтобы всѣ взрывы зависѣли только отъ этого обстоятельства; но нельзя отвергать, что такой случай возможенъ. Мы видѣли на опытѣ, что особенности, которыя обнаруживаетъ не содержащая воздуха вода при закипаніи, могутъ дѣйствительно причинить самые страшные взрывы.

Мы говорили о парѣ. Разсмотримъ же подробнѣе его образованіе и его дѣйствіе. По мѣрѣ того какъ мы нагрѣваемъ воду, число частицъ, отрывающихся отъ ея поверхности увеличивается. Наконецъ мы приближаемся къ тому, что называется точкою кипѣнія жидкости, — когда она превращается въ паръ не только на своей свободной поверхности,

но преимущественно около дна согрѣваемаго сосуда. Если вода кипитъ въ стеклянномъ сосудѣ, то мы видимъ, какъ со дна его подымается на верхъ паръ въ видѣ пузырьковъ, которые плаваютъ тутъ въ продолженіи нѣкотораго времени. Чтобы произвести эти пузырьки, нужно преодолѣть нѣкоторыя сопротивленія. Во-первыхъ, вода пристаетъ къ сосуду, въ которомъ находится. Сила ея прилипанія измѣняется съ измѣненіемъ вещества сосуда: въ стеклянномъ сосудѣ, напримѣръ, точка кипѣнія воды можетъ повыситься прилипаніемъ воды къ стеклу на 2° или на 3°, чего не бываетъ въ металлическихъ сосудахъ. Прилипаніе преодолѣвается урывками и напряженность этихъ порывовъ можетъ быть до того усилена, когда въ жидкости находятся соли, что она громко клокочетъ при кипѣніи, и вся масса ея подымается въ сосудѣ.

Другое сопротивленіе кипѣнію жидкости представляетъ притяженіе частицъ ея другъ къ другу,—сила, которая, какъ мы видѣли, дѣлается еще могущественнѣе, когда вода не содержитъ воздуха. Тоже самое относится и къ другимъ жидкостямъ, напримѣръ къ эфирамъ и спиртамъ. Если мы соединимъ съ воздушнымъ насосомъ склянку, наполненную эфиромъ или спиртомъ, то при первомъ движеніи поршня — жидкость сильно закипитъ, но когда весь воздухъ будетъ удаленъ изъ жидкости, то мы можемъ во многихъ случаяхъ продолжать движенія поршня, не производя замѣтнаго кипѣнія, и пары подымаются только отъ открытой поверхности жидкости. Для того, чтобы паръ могъ существовать въ видѣ пузырьковъ внутри жидкой массы, онъ долженъ быть въ состояніи своею упругостію противодѣйствовать давленію на него воды и давленію атмосферы на воду. Слѣдующій опытъ покажетъ, какъ велико давленіе атмосферы.

Этотъ оловянный сосудъ содержитъ въ себѣ немного воды; я кипячу ее посредствомъ маленькой лампы. Въ настоящую минуту все пространство надъ водою наполнено паромъ, который выходитъ изъ крана. Затворивъ кранъ и принявъ лампу, я лью холодную воду на оловянный сосудъ, причемъ паръ внутри его сгущается. Стѣнки сосуда сжимаются и сплющиваются вслѣдствіе давленія атмосферы, которому не противодѣйствуетъ болѣе сопротивленіе упругаго пара. Это давленіе доходитъ до 15 анг. фунтовъ на каждый квадратный дюймъ (*). Какимъ же образомъ можетъ существовать на поверхности кипящей воды хрупкій и нѣжный паровой пузырекъ? Просто вслѣдствіе полнаго равновѣсія — внутрен-

*) Около 13½ рус. фунт.

ней силы паровъ съ силою внѣшняго давленія атмосферы; жидкая оболочка сдавливается двумя упругими подушками, которыя совершенно нейтрализирують другъ друга. Если бы пересилилъ паръ, то пузырьки прорвались бы наружу; еслибы перевѣсъ былъ на сторонѣ воздуха, стѣнки пузырька вогнулись бы внутрь.

Такимъ образомъ мы имѣемъ теперь правильное опредѣленіе точки кипѣнія жидкости. Это та температура, при которой упругость пара находится въ полномъ равновѣсіи съ давленіемъ атмосферы. По мѣрѣ того, какъ мы подымаемся на гору, давленіе на насъ атмосферы уменьшается, и соотвѣтственно этому понижается точка кипѣнія. Я нашелъ температуру кипѣвшей воды на вершинѣ Монблана въ 184, 95° F, т. е. на 27° ниже точки кипѣнія при уровнѣ моря. На вершинѣ м. Розы въ 184,92° F. По этимъ наблюденіямъ, точки кипѣнія на м. Розѣ и на Монбланѣ оказываются почти одинаковыми, хотя послѣдніе выше м. Розы на 500 ф. Впрочемъ эта аномалія достаточно объясняется колебаніями барометра. На каждые 500 ф. точка кипѣнія понижается почти на 1° F., и по температурѣ, при которой кипитъ жидкость, мы можемъ заключить о высотѣ мѣста.

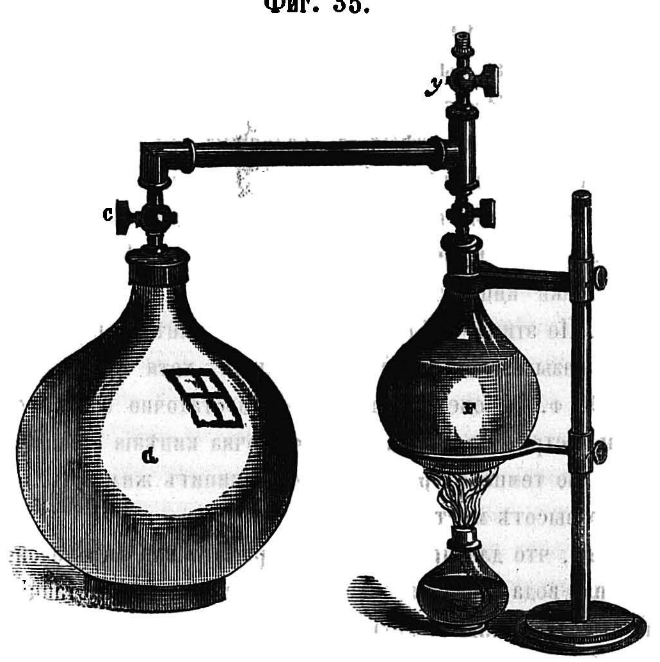
Говорятъ, что для приготовленія хорошаго чая въ Лондонѣ необходима кипящая вода; если это такъ, то очевидно что на станціяхъ, стоящихъ на высотахъ Альпъ, нельзя приготовить этотъ напитокъ совершенно хорошо.

Слѣдующій опытъ покажетъ намъ, зависимость точки кипѣнія отъ внѣшняго давленія. Склянка F (фиг. 35), содержащая въ себѣ воду, и другая гораздо большая склянка G, изъ которой я вытянулъ насосомъ воздухъ, соединяются вмѣстѣ рядомъ крановъ, посредствомъ которыхъ я устанавливаю между ними сообщеніе.

Вода въ маленькой склянкѣ кипѣла въ продолженіи нѣкотораго времени, и образовавшейся въ ней паръ выходитъ черезъ кранъ V. Принимаю спиртовую лампу и закрываю кранъ V. Вода перестаетъ кипѣть, и только паръ наполняетъ теперь склянку. Предоставимъ водѣ немного охладиться. По временамъ вы видите подымающіеся въ ней пузырьки, потому что давленіе пара постепенно уменьшается вслѣдствіе его медленнаго осажденія. Я ускоряю охлажденіе склянки, поливая ее холодною водою, и пузырьки образуются въ изобиліи, не смотря на то что температура ниже точки кипѣнія. Отворачиваю кранъ C и паръ переходитъ въ сосудъ G, давленіе на воду уменьшается, она начинаетъ кипѣть, и образующійся паръ подобно дождю обливаетъ стѣнки пустаго сосуда.

Сгущая пары въ большой склянкѣ, и тѣмъ устраняя ихъ дѣйствіе на поверхность воды, мы можемъ довольно долго поддержать кипѣніе воды въ маленькой склянкѣ. Упругость пара при высокой температурѣ ста-


Фиг. 35.



новится чрезвычайно большою. Страшные взрывы нашихъ котловъ даютъ нѣкоторое понятіе объ ней. Этотъ могущественный дѣятель былъ покоренъ могуществомъ человѣка. Денисъ Пепинъ помощью его поднялъ поршень, который опускался внизъ при сгущеніи пара вслѣдствіе давленія атмосферы; Сэвери и Ньюкоменъ воспользовались имъ для практическихъ цѣлей, а Джемсъ Уатъ докончилъ великое дѣло примѣненія силы теплоты къ движенію машинъ. Подымая паромъ поршень, когда пространство надъ нимъ сообщается съ холодильникомъ или воздухомъ, и опуская поршень, когда пространство подъ нимъ сообщается съ холодильникомъ или воздухомъ, мы получаемъ простое движеніе поршня вверхъ и внизъ, которое, при механическихъ пособіяхъ, можетъ принять какую угодно форму.

Великой законъ превратимости силы выказывается здѣсь, какъ и вездѣ. Съ каждымъ движеніемъ паровой машины, съ каждымъ фунтомъ, ею подымаемымъ, изчезаетъ эквивалентъ теплоты. Тонна сожженнаго угля доставляетъ опредѣленное количество теплоты. Положимъ, что по-

средствомъ этой теплоты паровая машина приводится въ дѣйствіе. Если собрать всю теплоту, сообщенную машинѣ и холодильнику, и теплоту, потерянную вслѣдствіе лучеиспусканія и отъ прикосновенія съ холоднымъ воздухомъ, то количество ея будетъ гораздо менѣе количества, произведеннаго сожженіемъ тонны угля. Недостающее количество теплоты будетъ соотвѣтствовать количеству произведенной работы. Положимъ, что работа состояла въ поднятіи 7720 фунт. на футъ, то будетъ недоставать такое количество теплоты, которое могло бы нагрѣть фунтъ воды на 10°.

Но я имѣлъ въ виду въ этихъ лекціяхъ разсматривать скорѣе природу, чѣмъ искуство человѣка, и недостатокъ времени заставляетъ меня быстро пройти торжество его въ примѣненіи пара къ практическимъ цѣлямъ. Тѣ, которые видѣли мастерскія Вульвича или заводы, гдѣ машины въ такомъ большомъ употребленіи, могли составить себѣ понятіе о помощи, оказываемой этой силой человѣку. И нужно помнить, что каждое вертящееся колесо, каждый стругъ, долото, пила, рѣзецъ, свободно разрѣзывающіе твердое желѣзо, какъ будто оно также мягко какъ сыръ, обязаны своею движущею силою сталкиванію атомовъ въ печи. Движеніе этихъ атомовъ сообщается котлу, потомъ водѣ, частицы которой отдѣляются одна отъ другой съ силою, соотвѣтствующею степени нагрѣванія. Паръ есть просто аппаратъ, посредствомъ котораго атомическое движеніе превращается въ механическое.

Но послѣднее можетъ принять форму, отъ которой оно произошло, т. е. снова превратиться въ атомическое движеніе. Взгляните на струги, на буравы: они поливаются водою, чтобы не допустить ихъ до нагрѣванія. Дотроньтесь до только что выструганной доски: вы не можете удержать ее въ рукѣ, такъ она горяча. Тутъ движущая сила является въ прежней своей формѣ; дѣйствіе машины истратилось на образованіе силы, отъ которой зависитъ дѣйствіе машины.

Я долженъ обратить теперь ваше вниманіе на естественную паровую машину, которая долго считалась однимъ изъ чудесъ свѣта. Я говорю о большомъ Исландскомъ Гейзерѣ. Поверхность Исландіи постепенно возвышается отъ береговъ къ центру, гдѣ общій уровень ея надъ моремъ составляетъ около 2000 ф.; тутъ возвышается Іёкулъ или Ледяныя горы; они идутъ двумя отраслями въ направленіи къ сѣверо-востоку. Вдоль этой цѣпи дѣйствуютъ вулканы острова, и теплые ключи слѣдуютъ тому же направленію. Съ вершинъ горъ и пропастей, идущихъ отъ горъ, подымаются временами громадныя массы пара съ шипѣніемъ

и ревомъ, и отголоски этихъ звуковъ въ пещерѣ походятъ на раскаты грома. Гораздо ниже, въ слояхъ наиболѣе скважистыхъ лежатъ дымящіеся грязные ключи; въ нихъ кипитъ отвратительное темно-голубое, глинистое тѣсто, и образующіяся на немъ по временамъ огромные пузыри, лопаясь, отбрасываютъ грязные брызги на высоту 15-ти или 20 ф. Отъ основанія холмовъ подымаются ледники; надъ ними снѣговыя поля покрываютъ вершины горъ. Изъ подъ сводовъ, изъ щелей ледниковъ выходятъ большія массы воды, льются иногда каскадами на ледяныя стѣны и затопляютъ страну на цѣлыя мили, прежде нежели найдутъ себѣ исходъ въ море. Отъ этого образуются обширныя болота, придающія печальное однообразіе и безъ того невеселой картинѣ, представляющейся глазу путешественника.

Часть воды, попадая въ щели и трещины земли, проникаетъ внизъ до согрѣтыхъ слоевъ, и, встрѣчая тамъ волканическіе газы, распространенные въ этихъ подземельныхъ областяхъ, соединяется съ ними; при первомъ удобномъ случаѣ они выходятъ вмѣстѣ наружу въ видѣ пара, или образуютъ кипящій ключъ. Замѣчательнѣйшій изъ такихъ ключей— большой Гейзеръ. Онъ состоитъ изъ трубы въ 74 ф. глубины и 10 ф. въ діаметрѣ.

Надъ трубкою находится бассейнъ, который простирается съ С. на Ю. до 52 ф., а съ В на З. до 60 ф. Внутренняя поверхность трубки покрыта гладкимъ, красивымъ кремнистымъ слоемъ, такимъ крѣпкимъ, что онъ можетъ противостоять ударамъ молота. Въ водѣ находится, какъ показалъ химическій анализъ, растворенный кремнеземъ, и можно было бы предположить, что вода отлагаетъ этотъ кремень на поверхность трубы и бассейна. Но это не такъ: вода не отлагаетъ никакого осадка, и, какъ бы долго ее не держали, изъ нее не отдѣляется никакого твердаго вещества. Она можетъ простоять въ бутылкѣ цѣлые годы и останется чистою какъ кристалъ, не показывая и малѣйшаго слѣда осадка. Скорѣе можно думать, что слой кремня въ бассейнѣ былъ произведенъ какою-нибудь постороннею причиною, вода же только выгладила его. Бассейнъ Гейзера лежитъ на вершинѣ горки имѣющей 40 ф. вышины, и одинъ взглядъ на нее покажетъ намъ, что она образована самимъ Гейзеромъ. Но созидая эту горку источникъ долженъ былъ пробить въ ней трубу, и такимъ образомъ Гейзеръ является строителемъ своей собственной трубы.

Если мы помѣстимъ воду изъ Гейзера въ сосудъ, въ которомъ она будетъ испаряться, то замѣтимъ слѣдующее: въ центрѣ сосуда жидкость

ничего не отлагаетъ; но по бокамъ его, гдѣ она подвергается дѣйствію волосности и быстрѣе испаряется, мы находимъ осадокъ кремня, который, ложась вокругъ краевъ сосуда, образуетъ кольцо, и если испареніе продолжается долго, то мы замѣчаемъ, что вода нѣсколько мутнѣетъ.

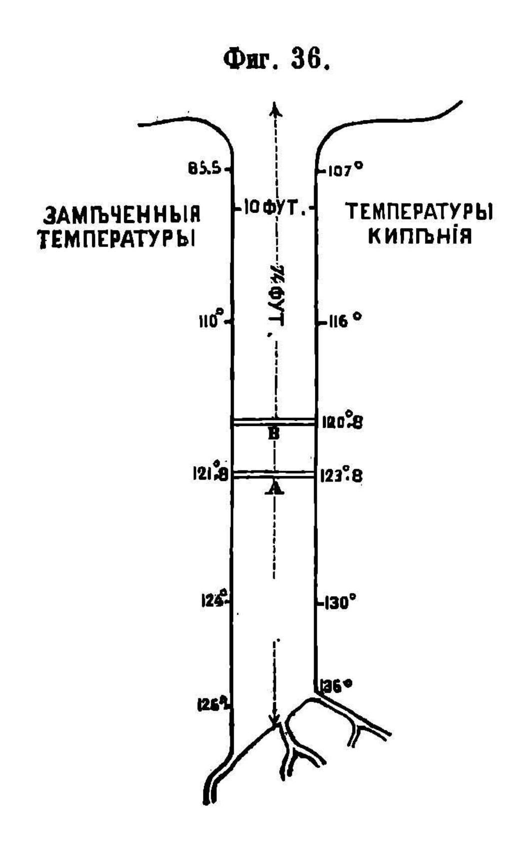
Этотъ опытъ представляетъ въ микроскопическомъ видѣ то, что происходитъ въ Исландіи. Представьте себѣ простой теплый кремнистый ключъ, вода котораго течетъ по склону; тутъ она быстро испаряется и осаждаетъ кремень. Этотъ осадокъ постепенно возвышаетъ скатъ, по которому течетъ вода, такъ что наконецъ она измѣняетъ свое теченіе. Тоже самое происходитъ и на мѣстѣ новаго русла; грунтъ возвышается и ключъ долженъ пробиваться впередъ. Такимъ образомъ онъ будетъ выливаться по всѣмъ направленіямъ, осаждая изъ себя кремнеземъ и возвышая отверстіе, изъ котораго онъ вытекаетъ. Наконецъ, съ теченіемъ годовъ, простой ктючъ образуетъ тотъ удивительный аппаратъ, который такъ долго удивлялъ путешественниковъ и ученыхъ и такъ долго не могъ быть ими объясненъ (*).

До изверженія бассейнъ и трубка наполняются горячею водою: повременамъ слышится трескъ, потрясающій землю, и за нимъ всегда слѣдуетъ сильное волненіе воды въ бассейнѣ. Вода поднимается въ трубѣ переполняетъ ея, и изливается въ бассейнъ. Причина треска зависитъ вѣроятно отъ того, что паръ образуясь въ каналахъ, сообщающихся съ Гейзеромъ, переходитъ изъ нихъ въ болѣе холодную воду главной трубы, внезапно сгущается, и при этомъ происходитъ трескъ.

Профессоръ Бунзенъ изслѣдовалъ температуру Гейзеровой трубы отъ верха до дна, за 5 минутъ до большаго изверженія, и наблюденія его открыли тотъ необыкновенный фактъ, что вода не достигла точки своего кипѣнія ни въ одной изъ частей трубы. На одной изъ сторонъ приложеннаго чертежа (фиг. 36) показаны наблюденныя температуры, а на другой я означилъ температуры кипѣнія воды въ этомъ мѣстѣ трубы, взявъ во вниманіе давленіе атмосферы и давленіе верхняго столба воды.

(*) Изъ этаго необходимо слѣдуетъ, что кремневое насloеніе въ бассейнѣ произведено самимъ ключомъ, и если вода, взятая изъ бассейна, не даетъ осадка, то потому только что кремень, уже успѣлъ изъ нея осадиться. *А. Ш.*

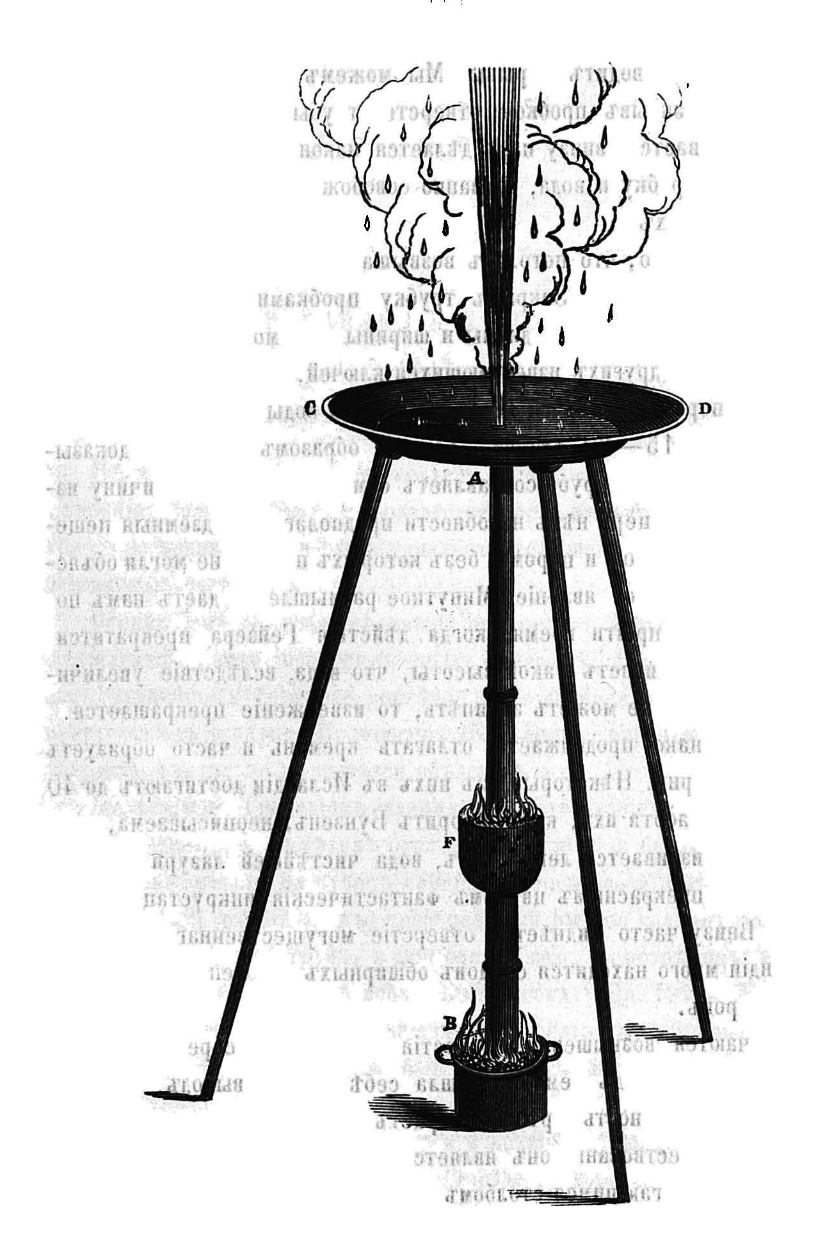
Фиг. 36.



Болѣе всего приближается температура воды къ кипѣнію около А, на разстояніи 30 ф. отъ дна; но и здѣсь вода на 2° С или $3^1/_2$° F ниже температуры кипѣнія. Какимъ же образомъ можетъ произойти изверженіе при такихъ условіяхъ? Обратите вниманіе на воду у точки А, гдѣ температура на 2° С ниже точки кипѣнія. Помните, что когда слышится трескъ, Гейзеровъ столбъ подымается. Предположимъ, что при входѣ пара изъ каналовъ у дна трубы онъ возвышается на 6 ф., что близко подходитъ къ наблюдаемымъ измѣненіямъ высоты, и вода поэтому переходитъ отъ А къ В. Температура кипѣнія воды у А была 123, 8° настоящая же ея температура 121, 8°, а у В она закипѣла бы при 120,8°; значитъ теплота воды, перемѣстившейся въ В, болѣе той, какая нужна для кипѣнія. Этотъ избытокъ теплоты идетъ тотчасъ на образованіе пара, столбъ подымается выше, а внизу давленіе на воду уменьшается до того, что вода внизу закипаетъ и выбрасываетъ находящуюся надъ ней воду вмѣстѣ съ облаками пара. Въ этомъ состоитъ изверженіе Гейзера. Въ холодномъ воздухѣ вода охлаждается, падаетъ назадъ въ бассейнъ, опять занимаетъ часть трубки, въ которой постепенно подымается и по прежнему выливается въ бассейнъ. По временамъ слышится трескъ и вода въ бассейнѣ волнуется; но эти попытки къ изверженію ничтожны; настоящее изверженіе можетъ произойти только тогда, когда вода въ трубѣ достаточно приблизится къ температурѣ своего кипѣнія, и дѣйствительно подыметъ столбъ.

Этою прекрасною теоріею мы обязаны Бунзену. Попробуемъ подтвердить ее опытомъ. Вотъ желѣзная труба A B (фиг. 37), 6 ф. длины; на верху трубки находится бассейнъ C D. Она нагрѣвается снизу, и, чтобы какъ можно вѣрнѣе представить условія Гейзера, я нагрѣваю

Фиг. 37.



трубку въ другомъ мѣстѣ на высотѣ 2 ф. отъ ея дна. Высокая температура воды въ извѣстныхъ частяхъ трубы зависитъ, безъ сомнѣнія, отъ мѣстнаго ея нагрѣванія. Наполняю трубку водою, она постепенно въ ней нагрѣвается и правильно черезъ каждыя пять минутъ выбрасывается вверхъ.

Есть еще другой замѣчательный ключъ въ Исландіи называемый Строккуромъ. Отверстіе его завалено глыбами, вслѣдствіе чего онъ обыкновенно производитъ взрывы. Мы можемъ представить дѣйствіе этаго ключа, закрывъ пробкою отверстіе трубы А В. Нагрѣваніе при этомъ увеличивается: внизу паръ дѣлается наконецъ такъ упругъ, что отбрасываетъ пробку и вода, внезапно освобожденная отъ давленія, выбрасывается вверхъ.

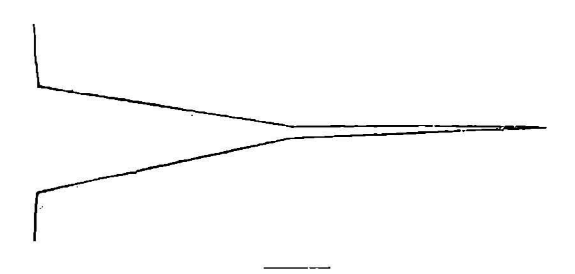
Несмотря на то, что потолокъ возвышается на 30 ф. надъ поломъ, вода достигаетъ до него. Закрывъ трубку пробками, черезъ которыя проходятъ трубки различной длины и ширины, мы можемъ представить дѣйствія многихъ другихъ извергающихся ключей. Такъ можно произвести быстро-перемеждающіяся истеченія пара и воды, причемъ вода выбрасывается на 15—20 футовъ. Такимъ образомъ опытами доказывается, что гейзерова труба составляетъ сама достаточную причину изверженій его, и теперь нѣтъ надобности предполагать подземныя пещеры наполненныя водою и паромъ, безъ которыхъ прежде не могли объяснить это удивительное явленіе. Минутное размышленіе даетъ намъ понять, что должно прійти время, когда дѣйствія Гейзера прекратятся. Когда труба достигнетъ такой высоты, что вода, вслѣдствіе увеличивающаго давленія, не можетъ закипѣть, то изверженіе прекращается.

Ключъ однако продолжаетъ отлагать кремень и часто образуетъ *лоугъ* или цитерну. Нѣкоторыя изъ нихъ въ Исландіи достигаютъ до 40 ф. глубины. Красота ихъ, какъ говоритъ Бунзенъ, неописываема; надъ поверхностью извивается легкій паръ, вода чистѣйшей лазури окрашиваетъ своимъ прекраснымъ цвѣтомъ фантастическія инкрустаціи стѣнъ цитерны. Внизу часто виднѣется отверстіе могущественнаго Гейзера. Въ Исландіи много находится слѣдовъ обширныхъ, но теперь изчезнувшихъ Гейзеровъ.

Встрѣчаются возвышенія, отверстія которыхъ засорены, и вода, пробивъ себѣ путь подъ землею, нашла себѣ другой выходъ. Гейзеръ имѣетъ возрасты: юность, зрѣлый возрастъ, старость и смерть. Въ началѣ своего существованія онъ является простымъ теплымъ ключомъ, въ зрѣлости извергающимся столбомъ, въ старости покойнымъ лоугомъ,

и смерть его обусловливаются обрушеніемъ возвышенія и засореніемъ его отверстія, такъ что одни развалины свидѣтельствуютъ о его прежней дѣятельности.

Фиг. 38.



ПРИБАВЛЕНІЕ КЪ IV ЛЕКЦІИ.

Извлеченіе изъ мемуара о колебаніяхъ и звукахъ, производимыхъ соприкосновеніемъ тѣлъ различныхъ температуръ.

Въ 1805 г. Шварцъ, смотритель одного изъ плавильныхъ заводовъ Саксоніи, положилъ массу горячаго серебра, имѣвшую форму чашки, на холодную наковальню и былъ удивленъ, услышавъ музыкальные звуки, издаваемые серебромъ.

Осенью того же года берлинскій профессоръ Жильбертъ, посѣтилъ плавильный заводъ, повторилъ опытъ и нашелъ, что звуки сопровождались дрожаніемъ горячаго серебра, и что съ прекращеніемъ колебаній прекращались и звуки. Профессоръ Жильбертъ, впрочемъ, только подтвердилъ фактъ, но не пытался объяснить его.

Въ 1829 г. Тревеліанъ занимался растягиваніемъ смолы помощію горячаго желѣза и, замѣтивъ однажды, что желѣзо было слишкомъ горячо, положилъ его на кусокъ свинца, случившагося подъ рукою; оттуда послышался рѣзкій звукъ, сравниваемый имъ со звукомъ маленькихъ нортумберландскихъ трубъ, и при ближайшемъ осмотрѣ онъ увидѣлъ, что согрѣтое желѣзо колебалось. Слѣдуя совѣту Др. Рейда, Тревеліанъ занялся изслѣдованіемъ этого предмета, и результаты его многочисленныхъ опытовъ были потомъ напечатаны въ запискахъ королевскаго Эдинбургскаго общества.

Въ 1831 г. эти странные звуки и колебанія были предметомъ одного вечерняго чтенія профессора Фараде въ королевскомъ институтѣ.

Онъ подтвердилъ и развилъ объясненіе этого явленія, даннаго г. Тревеліаномъ и Джономъ Лесли. Причину его Фароде находилъ въ ударахъ горячей массы о холодную, которые, слѣдуя довольно быстро одинъ за другимъ, могли производить высокій музыкальный тонъ. На попеременное сжиманіе и расширеніе холодной массы въ точкахъ прикосновенія къ ней горячаго колебанія, онъ смотрѣлъ какъ на силу, поддерживающую колебанія. Превосходство же свинца онъ приписывалъ его большей расширяемости и слабой теплопроводности, вслѣдствіе которой теплота не могла распространяться по всей массѣ тѣла. Эдинбургскій професоръ Форбесъ, присутствовалъ при этомъ чтеніи, и неудовлетворясь такимъ объясненіемъ, самъ принялся за дальнѣйшее изслѣдованіе предмета. Результаты его занятій описаны въ замѣчательно остроумной статьѣ, представленной королевскому Эдинбургскому обществу въ 1833 г. Онъ отвергаетъ объясненіе Фараде и находитъ причину колебаній въ новаго рода механическомъ дѣйствіи теплоты — отталкиваніи, производимомъ самою теплотою при переходѣ ея изъ хорошаго проводника въ дурной. Основаніемъ такого заключенія Форбеса служило нѣсколько общихъ законовъ имъ установленныхъ. Если бы они были вѣрны, то конечно свѣдѣнія о дѣйствительныхъ свойствахъ теплоты далеко подвинулись бы впередъ, и это разсужденіе главнымъ образомъ побуждало сочинителя этихъ лекцій возобновить изслѣдованіе предмета. Онъ уже сдѣлалъ нѣсколько опытовъ, не зная о полнѣйшей разработкѣ предмета Сибекомъ, пока не увѣдомилъ его о томъ берлинскій професоръ Магнусъ. Прочитавъ интересную записку Сибека, онъ нашелъ, что многіе изъ тѣхъ результатовъ, которыхъ онъ хотѣлъ искать, уже получены; но вопросы, оставшіеся нетронутыми, представляли довольно интереса, и онъ продолжалъ начатое дѣло.

Общіе законы Форбеса подверглись постепенному экспериментальному изслѣдованію. Первый изъ нихъ утверждаетъ что «колебанія никогда непроисходятъ между одинаковыми веществами». Тиндаль нашелъ, что законъ этотъ справедливъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда горячій колебатель клали на кусокъ или на ребро толстой пластинки того же метала. Но при употребленіи тонкой металической пластинки явленіе ссвершенно измѣнилось; такъ напр. мѣдный колебатель, положенный на край пенни качался недолго, но когда изъ этой монеты выбили молотомъ тонкую, острую пластинку, то колебанія были продолжительны. Серебряный колебатель, будучи положенъ на ребро пол-кроны, скоро пересталъ качаться, но лежа на краю полушиллинга, колебался непре-

рывно. Желѣзный колебатель долго колебался на краю столоваго ножа и явственно качался плоскій мѣдный колебатель, помѣщенный на двухъ обыкновенныхъ штифтикахъ, когда при этомъ рукоятка колебателя была удобно подперта. Въ этихъ опытахъ пластинки и штифтики вкладывались въ уѓки. Изъ нихъ нашли, что чѣмъ тоньше была пластинка, которая при этомъ не должна быть слишкомъ мягкою, тѣмъ сильнѣе и замѣтнѣе дѣйствіе. Колебанія такимъ образомъ производятся прикосновеніемъ желѣза къ желѣзу, мѣди къ мѣди и т. д.; списокъ этотъ можно продолжить, но и сказанное уже достаточно показываетъ, что вышеприведенное предположеніе Форбеса не можетъ быть разсматриваемо, какъ выраженіе общаго закона.

Второй общій законъ Форбеса состоитъ въ томъ, что «оба вещества должны быть металлическими.» Этотъ законъ прежде всего остановилъ на себѣ вниманіе Тиндаля. При своихъ изслѣдованіяхъ онъ открылъ, что нѣкоторыя неметалическія тѣла были гораздо лучшими проводниками теплоты, чѣмъ полагали до того времени, и ему пришло въ голову, что такія тѣла, при должномъ съ ними обращеніи, могутъ колебаться подобно металламъ. Предположеніе это оправдалось: серебрянные, мѣдные латуневые колебатели, помѣщенные на ребро призмы горнаго хрусталя, издавали явственные тоны; при употребленіи плавиковаго шпата, тоны становились еще музыкальнѣе; на кускѣ каменной соли колебанія были очень сильны, и врядъ ли есть другое вещество металлическое или неметалическое, на которомъ бы они производились легче и вѣрнѣе. Въ большей части случаевъ произведеніе тоновъ необходимо обусловливается высокою температурою; но каменная соль обнаруживаетъ дѣйствіе при температурѣ, непревышающей температуру крови. Такимъ образомъ открыли новое странное свойство этого замѣчательнаго тѣла. Нѣтъ необходимости подробно разсматривать разные испытанные минералы.

Тиндаль изслѣдовалъ болѣе двадцати неметалическихъ веществъ и каждое изъ нихъ производило замѣтныя колебанія.

Число исключеній, приведенныхъ здѣсь, далеко превосходитъ число веществъ, упомянутыхъ въ статьѣ Форбеса, и достаточно показываетъ несостоятельность его втораго общаго закона. По третьему закону «сила колебаній пропорціональна въ извѣстныхъ предѣлахъ разницѣ въ теплопроводности металловъ, и худшій проводникъ теплоты всегда долженъ быть холоднѣйшимъ.» Доказательства, приведенныя противъ перваго закона, опровергаютъ также и этотъ послѣдній. Если бы сила колебаній

была пропорціональна разницѣ въ теплопроводности, то тамъ, гдѣ бы не было такой разницы не существовало бы и колебаній; но многіе опыты уже доказали, что колебанія происходятъ между различными кусками одного и того же металла. Впрочемъ и это положеніе Форбеса было непосредственно отвергнуто. Серебро есть лучшій изъ проводниковъ; на полоску этого металла, вложенную въ тиски, клали горячіе желѣзные и мѣдные колебатели, и всѣ они замѣтно колебались. Такъ же колебался мѣдный колебатель, наложенный на край полу-суверена. Эти и другіе опыты показываютъ, что худшій проводникъ не необходимо долженъ быть холоднѣйшимъ, какъ говорится въ третьемъ законѣ. Форбесъ нашелъ, что висмутъ и сурьма совершенно не колеблются; однако оба вещества, испытываемыя Тиндалемъ, издавали музыкальные звуки.

Превосходство свинца, когда его берутъ вмѣсто холоднаго тѣла, Фороде приписывалъ высокой степени его расширяемости и вмѣстѣ съ тѣмъ его недостаточной теплопроводности. Форбесъ смотрѣлъ на это мнѣніе, какъ на очевидную ошибку, и опровергалъ его очень остроумно и повидимому неоспоримо. «Колебанія, говорилъ онъ, зависятъ отъ разницъ въ температурахъ колебателя и лежащей подъ нимъ массы. Если послѣдняя дурной проводникъ и удерживаетъ теплоту у своей поверхности, то оба соприкасающіяся тѣла стремятся уравнить свои температуры, что прекращаетъ колебанія, а не возбуждаетъ ихъ.»

Далѣе, чѣмъ большее количество теплоты переходитъ отъ колебателя къ подставкѣ во время прикосновенія ихъ, тѣмъ сильнѣе должно быть расширеніе; значитъ, если въ этомъ находится причина колебаній, то наибольшее дѣйствіе получится тогда, когда холодная масса будетъ возможно лучшимъ проводникомъ.«Но Форбесъ въ своихъ доводахъ смѣшалъ, кажется, два различныя понятія о расширеніи. Расширеніе, производящее колебанія, есть внезапное возвышеніе точки, въ которой колебатель прикоснулся къ лежащей подъ нимъ холодной массѣ, а расширеніе, зависящее отъ хорошей теплопроводности, было бы расширеніемъ всей моссы вообще. Представьте, что теплопроводность холоднаго тѣла безконечна, т. е. что теплота, сообщаемая ему колебателемъ, мгновенно распространяется по всей массѣ подставки; тогда, хотя общее расширеніе можетъ-быть очень сильно, не существовало бы мѣстнаго расширенія въ точкѣ прикосновенія, и колебанія были бы невозможны. Неизбѣжное слѣдствіе хорошей теплопроводности состоитъ во внезапномъ отвлеченіи теплоты отъ точки соприкосновенія колебателя съ лежащимъ

подъ нимъ веществомъ, и именно этому Тиндаль приписывалъ то, что Форбесъ не получалъ колебаній, когда холодный металъ былъ хорошимъ проводникомъ. Онъ употреблялъ массивныя подставки, въ которыхъ теплота распространялась отъ точки прикосновенія по всей массѣ такъ быстро, что прекращалось мѣстное возвышеніе, отъ котораго зависятъ колебанія. Въ своихъ опытахъ Тиндаль избѣгалъ такого распространенія, уменьшая металлическія массы до того, что онѣ превращались въ тонкія пластинки. Такимъ образомъ опыты, приводимые Форбесомъ противъ теоріи Фараде, представляются, если ихъ хорошенько разобрать, строгими и сильными доказательствами правильности взглядовъ послѣдняго ученаго.

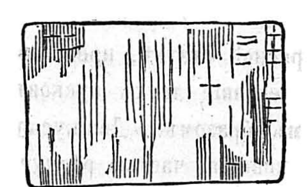
Извлеченіе изъ статьи о нѣкоторыхъ физическихъ свойствахъ льда.

Г Джемсъ Томсонъ, въ очень интересной статьѣ, представленной Британскому обществу, объясняетъ примерзаніе двухъ кусковъ льда одного къ другому при 32° F, слѣдующимъ образомъ: «Два куска льда, при сдавливаніи ихъ въ точкахъ прикосновенія, частью распускаются въ этихъ самыхъ мѣстахъ вслѣдствіе давленія, и холодъ, развивающійся при этомъ, замораживаетъ жидкость, образовавшуюся между обѣими массами.» Я далекъ отъ отрицанія, чтобы причина, на которую указываетъ Томсонъ, не была дѣйствительною при извѣстныхъ обстоятельствахъ, но не думаю, чтобы это объясняло фактъ, такъ какъ замерзаніе происходитъ безъ всякой помощи давленія, которымъ только, по Томсону, обусловливается это дѣйствіе. Нѣтъ надобности сдавливать оба куска льда вмѣстѣ; стоитъ только положить одинъ на другой, и они примерзнутъ другъ къ другу. Другія вещества также могутъ примерзать ко льду. Если обернуть кусокъ льда при 32° полотенцемъ, или еще лучше, фланелью, то они примерзнутъ къ нему. Фланель примерзаетъ ко льду очень крѣпко, и нужно большое усиліе, чтобы оторвать ихъ другъ отъ друга Вата и волоса также примерзаютъ ко льду безъ всякаго содѣйствія давленія, которое могло бы сдѣлать дѣйствительнымъ объясненіе Томсона. Но есть родъ явленій, которыя можно, я думаю, объяснить пониженіемъ точки замерзанія воды съ увеличеніемъ давленія на нее. Слѣдующее положеніе оправдывается пятьюде-

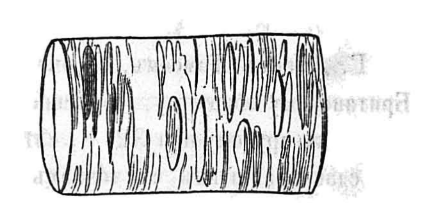
сятью и болѣе опытами надъ льдомъ. Поставили ледяной цилиндръ, 2 д. вышины и 1 д. въ діаметрѣ, между двумя дощечками буковаго дерева и подвергли его постепенно увеличивающемуся давленію. Смотря на цилиндръ перпендикулярно къ его оси, стали замѣчать темныя линіи, располагавшіяся поперегъ цилиндра; а когда посмотрѣли на него наискось, то нашли, что эти линіи были сѣченіями темныхъ и тусклыхъ поверхностей, пересѣкавшихъ цилиндръ. Цилиндръ вслѣдствіе этого, очень походилъ на кристалъ гипса, въ которомъ, помощію какого-нибудь внѣшняго усилія, уничтожили связь между его пластами, которые до того времени казались соприкасающимися.

Фиг. 39 представляетъ цилиндръ, разсматриваемый перпендикулярно къ его оси, а фиг. 40 тотъ же цилиндръ, разсматриваемый наискось.

Фиг. 39.



Фиг. 40



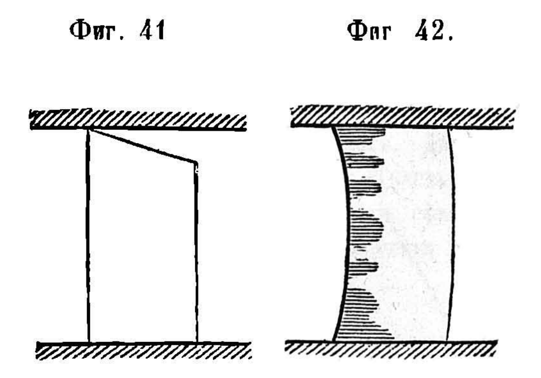
Чтобы удостовѣриться, не происходило ли уничтоженіе кажущагося прикосновенія слоевъ льда, замѣченное въ этихъ опытахъ отъ воздуха, помѣстившагося между двумя раздѣленными поверхностями льда, ставили ледяной цилиндръ, 2 д. длины и 1 д. ширины, въ мѣдный сосудъ, наполненный холодною, какъ ледъ, водою. Ледяной цилиндръ на половину выдавался изъ воды. Поставивъ мѣдный сосудъ на деревянную дощечку, и положивъ такую дощечку на ледяной цилиндръ, стали сдавливать все вмѣстѣ. Когда достаточно ясно обозначались темныя линіи въ части льда, находившейся надъ водою, то вынули оттуда цилиндръ и разсмотрѣли его: плоскости разрыва распространялись по всей длинѣ цилиндра, также какъ и при сдавленіи его въ воздухѣ.

Но воздухъ могъ войти въ щели цилиндра въ то время, когда его вынули изъ сосуда, и потому я помѣстилъ такой же цилиндръ въ крѣпкій стеклянный сосудъ, наполненный холодною, какъ ледъ, водою. Сдавливая все вмѣстѣ, какъ въ послѣднемъ опытѣ, я видѣлъ образо-

вавшіяся темныя плоскости разрыва также ясно подъ водою, какъ и въ воздухѣ.

Плоскости происходятъ отъ сжиманія, а не отъ разрыва массы вслѣдствіе давленія, и онѣ лучше всего развиваются тамъ, гдѣ давленіе наибольшее, если только оно не производитъ разлома. Двумя дощечками дерева сдавливали цилиндрическій кусокъ льда, основанія котораго не были параллельныя. Фиг. 41 представляетъ устройство опыта, а слѣдствіе давленія такого ледяного цилиндра представлено на фиг. 42, гдѣ видно, что полоски появились на сторонѣ, подвергнутой давленію.

Фиг. 41 Фиг 42.



Плоскости иногда начинаютъ показываться въ центрѣ цилиндра; прежде всего тутъ появляется маленькая темная крапинка, которая при продолжающемся давленіи, расширяется и занимаетъ иногда весь поперечный разрѣзъ цилиндра. Я разсматривалъ эти плоскости при помощи лупы и онѣ показались состоящими изъ очень мелкихъ частицъ воды, подобныхъ тѣмъ, которыя производятся дыханіемъ на гладкой и холодной поверхности. Еслибы онѣ были пустотами или наполнялись воздухомъ, то видъ ихъ, на основаніи извѣстныхъ оптическихъ законовъ, былъ бы несравненно ярче.

Вогнутое стекло было установлено такъ, что дневной свѣтъ весь отражался на сдавливаемый цилиндръ. Расширяющіяся плоскости, разсматриваемыя черезъ лупу, казалось, волновались. Это происходило вѣроятно отъ молекулярнаго движенія частицъ воды, и эти движенія распространялись по мѣрѣ того, какъ края поверхности раздвигались. Разъ или два я замѣчалъ, что поверхности какъ бы расчищали себѣ дорогу въ массѣ льда помощью тусклыхъ и повидимому жидкихъ капе-

лекъ, которыя отрывались отъ жидкой массы. Я не сомнѣваюсь, что эти поверхности происходятъ вслѣдствіе распущенія льда въ плоскостяхъ, перпендикулярныхъ къ направленію давленія. Поверхности образуются съ большею легкостью, когда онѣ соотвѣтствуютъ плоскостямъ замерзанія. При особенномъ стараніи я успѣвалъ иногда производить подобныя плоскости подъ прямымъ угломъ съ плоскостями замерзанія; но это было трудно и не всегда удавалось.

ЛЕКЦІЯ V

Приложеніе динамической теоріи теплоты къ объясненію явленій удѣльной и скрытой теплоты. Опредѣленіе силы: потенціальная и динамическая напряженность. Напряженность молекулярныхъ силъ. Наглядное представленіе объ удѣльной и скрытой теплотѣ. Динамическое значеніе образованія, осажденія и замерзанія воды. Твердая угольная кислота. Сфероидальное состояніе жидкостей. Плаваніе сфероидовъ въ своихъ собственныхъ парахъ. Замерзаніе воды и ртути въ раскаленномъ до красна тиглѣ.

Предпринимая трудную экспедицію на Альпы, опытные путешественники начинаютъ съ небольшихъ переходовъ, такъ что, когда настаетъ часъ испытаній, они чувствуютъ себя не только не ослабленными, но даже укрѣпленными своими предварительными трудами. Намъ предстоитъ сегодня трудное шествіе, и я собираюсь послѣдовать ихъ примѣру. Мы будемъ продолжать наше изслѣдованіе не съ порывами энтузіазма, невыдерживающаго продолжительнаго труда, а вооружившись терпѣніемъ и настойчивостью, не уступая передъ встрѣчающимися препятствіями.

Вотъ свинцовая гирька, привязанная къ ниткѣ, которая обходитъ около блока, укрѣпленнаго на потолкѣ комнаты. Мы знаемъ, что земля и гирька притягиваются; теперь гирька лежитъ на землѣ, и производитъ на нее нѣкоторое давленіе. Когда гирька прикасается къ землѣ, то ихъ взаимное притяженіе удовлетворено, и послѣ этого становится невозможнымъ движеніе, которое бы еще болѣе уменьшило разстояніе между ними. Притягательная сила не имѣетъ сама по себѣ возможности произвести движеніе, когда притягивающіяся тѣла соприкасаются.

Я поднимаю тяжесть на 16 футовъ отъ полу. И теперь она совершенно также неподвижна, какъ и въ то время, когда она лежала на

полу; но условія совершенно измѣнились вслѣдствіе того, что между гирькою и поломъ находится теперь промежутокъ. Поднявши гирьку, я сообщилъ ей способность производить движеніе; теперь она можетъ производить дѣйствіе, которое было невозможно для нея въ то время, когда она лежала на полу; теперь она можетъ падать и сообщать при этомъ движеніе какой-нибудь машинѣ, или производить какую либо другую работу. Она не производитъ никакого дѣйствія въ то время, когда она неподвижно виситъ на ниткѣ; но дѣйствіе возможно для нея. Назовемъ состояніе гирьки, въ которомъ она находится теперь, то есть когда она можетъ производить движеніе, но не производитъ его, — состояніемъ *возможнаго дѣйствія* или *потенціальной напряженности*, какъ называли его многіе знаменитые ученые. Въ нашемъ случаѣ потенціальная напряженность зависитъ отъ силы тяжести, которая влечетъ гирьку къ землѣ, но пока еще не привела ее въ движеніе Теперь я пускаю нитку, — гирька падаетъ и достигаетъ земли, пріобрѣтя скорость, равную 32 фут. въ секунду. Во все время движенія гирьку толкала сила тяжести, и окончательная движущая сила гирьки зависитъ отъ суммы всѣхъ этихъ толчковъ; во все время паденія дѣйствуетъ стремленіе тяжести къ землѣ, и такое состояніе гирьки мы можемъ назвать состояніемъ *дѣйствительнаго дѣйствія* въ противоположность возможному дѣйствію, или *динамическою напряженностью* въ противоположность потенціальной; напряженность же, съ которою гирька опускается, мы можемъ назвать движущею силою. Замѣтьте это: мы должны умѣть скоро различать запасное и дѣйствительное дѣйствіе. Съ этого времени я буду, подобно Ранкину, называть эти два состоянія потенціальною и дѣйствительною напряженностью. Для васъ существенно составить себѣ точное и отчетливое понятіе о значеніи всѣхъ этихъ терминовъ. Неясность представленій не можетъ быть терпима здѣсь.

Наша гирька падала съ высоты 16 футовъ; остановимъ наше вниманіе на ней послѣ того, какъ она, падая, прошла уже одинъ футъ. Тогда сумма толчковъ, если можно такъ выразиться, которые были бы сообщены ей силою тяжести во время паденія съ высоты 15 футовъ, будетъ меньше суммы толчковъ, сообщаемыхъ гирькѣ при паденіи съ высоты 16 футовъ; — въ первой суммѣ недостаетъ толчковъ, сообщаемыхъ во время прохожденія перваго фута. Слѣдовательно, потенціальная напряженность гирьки, спустившейся уже на одинъ футъ, уменьшилась, но за то она пріобрѣла динамическую напряженность, эквивалентную потерянной потенціальной, такъ что еслибы мы приложили

пріобрѣтенную динамическую напряженность къ поднятію гирьки, то снова привели бы ее въ прежнее положеніе, то есть на высоту 16 футовъ. Слѣдовательно, съ уничтоженіемъ потенціальной напряженности является эквивалентное ей количество динамической напряженности. Это приводитъ насъ къ слѣдующему общему положенію: во всей вселенной сумма обѣихъ напряженностей постоянна.

Теперь еще не время говорить объ органическихъ процессахъ; но еслибы мы могли разсматривать внутреннія, молекулярныя условія моей руки въ то время, какъ я поднимаю тяжесть, то мы увидѣли бы, что на это механическое дѣйствіе истрачивается соотвѣтствующее ему количество другаго рода движенія. Еслибы мы поднимали тяжесть помощію теплоты, то уничтожилось бы количество теплоты, соотвѣтствующее произведенной работѣ. При поднятіи фунтовой гири на высоту 16 футовъ, мы должны потерять количество теплоты, которое нагрѣло бы кубическій футъ воздуха на 1° F, и, обратно, такое же количество теплоты было бы образовано паденіемъ фунтовой гири съ высоты 16 футовъ. Ясно, что еслибы напряженность силы тяжести увеличилась, то во столько же разъ увеличилось бы и количество теплоты, потребляемое на поднятіе гири, а также количество теплоты, производимое ударомъ упавшаго тѣла. Зная теперь, что истрачивается теплота, когда мы помощію ея, поднимаемъ тяжесть, и что количество, истрачиваемой такимъ образомъ теплоты, зависитъ отъ преодолѣваемой при этомъ силы тяжести, — мы можемъ распространить наши выводы и на очень маленькія массы. Увеличеніе разстоянія между двумя притягивающимися атомами почти на столько же легко представить себѣ, какъ и удаленіе гири отъ земли. Я уже много разъ говорилъ о чрезвычайно большой напряженности молекулярныхъ силъ и здѣсь снова возвращаюсь къ этому предмету. Атомы тѣлъ, хотя они не соприкасаются, находятся на небольшихъ разстояніяхъ одинъ отъ другаго и сильно притягиваются. На сколько нибудь значительное увеличеніе объема твердаго или жидкаго тѣла, что соотвѣтствуетъ увеличенію промежутковъ между атомами, потребовалось бы почти невѣроятно большое количество обыкновенной механической работы. Большаго усилія потребовало бы также уменьшеніе объема тѣла, соотвѣтствующее уменьшенію разстояній между атомами. Я напрасно пытался увеличить плотность мягкаго металла помощью сдавливанія, и вода, оказывающая такое слабое сопротивленіе при погруженіи въ нее руки, долгое время считалась абсолютно несжимаемою. На нее производили весьма сильныя давленія, но

она, не поддаваясь ему, скорѣе просачивалась сквозь поры содержащаго ея сосуда и какъ бы росою покрывала его поверхность (*).

Помощью усовершенствованныхъ пріемовъ и приборовъ мы можемъ теперь сжать воду, но на это нужна очень большая сила. Желая преодолѣть молекулярныя силы, мы должны противуставить равную имъ силу. Теплота совершаетъ то, чего не въ силахъ совершить обыкновенной величины механическая сила. Нагрѣваемыя тѣла расширяются, и для того, чтобы это было возможно, нужно преодолѣть молекулярныя силы. Передъ этой работой, когда она совершается въ большихъ массахъ, становится ничѣмъ сооруженіе египетскихъ пирамидъ. Количество теплоты, необходимое для того, чтобы преодолѣть сильныя притяженія, должно увеличиваться по мѣрѣ увеличенія этихъ послѣднихъ.

Будьте внимательны теперь. Какъ располагается въ кускѣ свинца теплота, которую я сообщаю ему? Она потребляется на два различнаго рода дѣйствія: часть ея приводитъ частицы въ то движеніе, которое

(*) Подобный опытъ дѣлалъ Бэконъ. «Теперь извѣстно, говоритъ онъ, что разрѣженныя вещества (подобно воздуху) могутъ значительно сжиматься, но что осязаемыя вещества (подобно водѣ) сжимаются съ большимъ трудомъ и въ меньшемъ размѣрѣ. Слѣдующимъ опытомъ я изслѣдовалъ, до какой степени можетъ продолжаться сжиманіе воды. Я взялъ пустой свинцовый шаръ, съ толстыми стѣнками, на которыя можно было производить довольно большое давленіе; въ шарѣ могло помѣститься до двухъ пинтъ воды. Сдѣлавши отверстіе въ шарѣ, я наполнилъ его водою, послѣ чего запаялъ его свинцомъ и получилъ снова цѣлый шаръ. Затѣмъ я билъ шаръ съ двухъ противоположныхъ сторонъ тяжелымъ молотомъ, вслѣдствіе чего объемъ воды долженъ непремѣнно уменьшаться, потому что форма шара соотвѣтствуетъ наибольшей вмѣстимости (свинцоваго сосуда); когда удары молота перестали производить сжиманіе воды, то я употребилъ прессъ, — до тѣхъ поръ, пока вода, не вынося дальнѣйшаго сжиманія, просочилась сквозь плотный свинецъ, подобно легкой росѣ. Тогда я вычислилъ уменьшеніе объема, произведенное сжатіемъ, и изъ него заключилъ о сжиманіи, которому подверглась вода подъ такими сильными давленіями.» Novum Organum, изданный въ 1620 году. Лесли Элизъ говоритъ: «Это, можетъ быть, самый замѣчательный изъ опытовъ Бэкона, и нужно удивляться, что послѣдующіе писатели такъ мало говорятъ о немъ. Около 50 лѣтъ спустя послѣ изданія Novum Organum Магалотти, бывшій секретаремъ флорентинской академіи del Cimento, издалъ отчетъ о подобномъ же опытѣ, и съ того времени опытъ этотъ извѣстенъ подъ именемъ флорентинскаго опыта. Послѣ этого авторъ говоритъ, что опытъ этотъ не доказываетъ абсолютной несжимаемости воды; изъ него видно только, что такимъ образомъ нельзя сжимать ее. Но опытъ не приводитъ къ окончательнымъ заключеніямъ и по другой причинѣ.

мы называемъ теплотою, и которое возвышаетъ температуру тѣла; другая же часть измѣняетъ взаимныя положенія атомовъ и послѣ этого эта послѣдняя перестаетъ уже существовать въ видѣ теплоты. Здѣсь увеличеніе разстояній между взаимно притягивающимися атомами свинца совершенно соотвѣтствуетъ удаленію гири отъ притягивающей ее земли. Я постараюсь выразить болѣе точно, въ чемъ состоитъ сходство между подниманіемъ гири и увеличеніемъ разстояній между атомами. Предположимъ, что для поднятія гири я могу располагать извѣстнымъ количествомъ механической силы; эту послѣднюю я раздѣляю на двѣ части, изъ которыхъ я употребляю только одну на поднятіе гири; остальную же часть силы, находящейся въ моемъ распоряженіи, я употребляю на то, чтобы сообщить подымающейся гирѣ поперечныя колебанія, подобныя колебаніямъ маятника и притомъ такъ, чтобы скорость этихъ колебаній увеличивалась съ поднятіемъ гири. Эта подымающаяся и колеблющаяся гиря представляетъ то, что происходитъ съ атомами свинца при нагрѣваніи его: атомы удаляются другъ отъ друга, но колеблются при этомъ, и скорость этихъ колебаній увеличивается съ увеличеніемъ разстояній между атомами. Слѣдовательно теплота, сообщаемая свинцу, съ одной стороны увеличиваетъ потенціальную напряженность атомовъ, съ другой же стороны увеличиваетъ ихъ динамическую напряженность, и только послѣдняя часть дѣйствуетъ на термометръ и на наши нервы.

Теплота, увеличивающая потенціальную напряженность атомовъ, совершаетъ работу, которая можетъ-быть названа *внутреннею работою расширенія*; работа эта состоитъ въ измѣненіи взаимныхъ положеній частицъ тѣла, въ которыхъ онѣ находились подъ вліяніемъ молекулярныхъ силъ. Теплота, сообщаемая тѣлу, преодолѣваетъ эти силы, но когда тѣло охлаждается, то силы снова берутъ перевѣсъ, приводятъ атомы въ прежнія ихъ положенія и при этомъ возстановляется теплота, потраченная на измѣненіе этихъ положеній (*).

(*) Понятно, что величина внутренней работы, совершаемой теплотою при возвышеніи температуры одного фунта какого нибудь тѣла на 1° зависитъ отъ напряженности молекулярнаго притяженія, которое нужно преодолѣть при этомъ: внутренняя работа расширенія тѣлъ больше, чѣмъ больше его притяженіе. Если бы существовали тѣла, въ которыхъ не было никакого притяженія между атомами, то расширеніе тѣла совершалось бы безъ внутренней работы, и вся теплота, сообщаемая такому тѣлу шла-бы исключительно на возвышеніе температуры, т. е. вся она превращалась-бы въ динамическую напряженность атомовъ. Къ подобнымъ тѣ-

Химики опредѣлили отношеніе между вѣсами атомовъ различныхъ тѣлъ. Если считать вѣсъ атома водорода за 1, то вѣсъ атома кислорода будетъ 16.

Слѣдовательно, для составленія одного фунта водорода нужно взять въ 16 разъ больше атомовъ, чѣмъ для составленія одного фунта кислорода. Число атомовъ, какъ видно, обратно пропорціонально вѣсамъ атомъ или атомическимъ вѣсамъ. Опыты Дюлонга и Пети, Реньо и Неймана заставляютъ думать, что, по всѣмъ вѣроятіямъ, всѣ элементарные атомы, какова бы ни была ихъ величина и масса, обладаютъ при одинаковой температурѣ одинаковымъ количествомъ того же движенія, которое мы назовемъ теплотою, то-есть что во сколько разъ вѣсъ атома меньше, во столько же разъ скорость его движенія больше.

Слѣдовательно, при одинаковой температурѣ атомы водорода и кислорода имѣютъ одинаковыя количества движенія; но такъ какъ въ одномъ фунтѣ водорода заключается въ 16 разъ больше атомовъ, чѣмъ въ такомъ же вѣсѣ кислорода, то и количество теплоты при одинаковой температурѣ водорода и кислорода будетъ въ 16 разъ болѣе въ первомъ, чѣмъ во второмъ.

Изъ этого слѣдуетъ, что для возвышенія температуры одного фунта водорода на 10°, напримѣръ, потребуется въ 16 разъ болѣе теплоты, чѣмъ для такого же возвышенія температуры одного фунта кислорода, и обратно, охлаждающійся на 10° водородъ уступитъ охлаждающей средѣ въ 16 разъ болѣе теплоты, чѣмъ кислородъ, находящійся въ такихъ же обстоятельствахъ.

Въ кислородѣ и водородѣ количества внутренней работы расширенія ничтожны, потому что между частицами ихъ не существуетъ замѣтнаго притяженія. Но въ твердыхъ и жидкихъ тѣлахъ кромѣ числа атомовъ, заключающихся въ единицѣ вѣса, на количество теплоты, необходимое для возвышенія температуры тѣла, имѣетъ еще вліяніе внутренняя работа.

Такимъ образомъ температура тѣла не показываетъ всей теплоты,

---

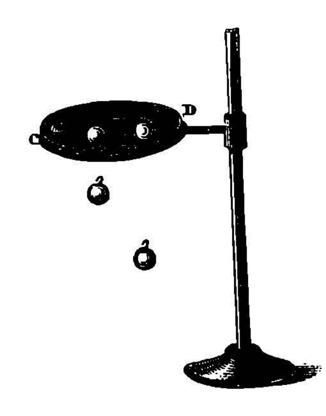
ламъ приближаются газы. Прежде думали, что между частицами газовъ не существуетъ притяженіе; но опыты Реньо надъ сжимаемостью газовъ и опыты Джауля и Томсона надъ измѣненіями температуры сжатаго газа при расширеніи показали, что и между частицами газовъ существуетъ притяженіе весьма впрочемъ незначительное. Слѣдовательно, при нагрѣваніи всѣхъ тѣлъ часть теплоты истрачивается на внутреннюю работу расширенія. *А. Ш.*

содержимой тѣломъ. Для возвышенія, напримѣръ, температуры одного фунта воды 1°, потребуется въ тридцать разъ больше теплоты, чѣмъ для такого же измѣненія температуры одного фунта ртути, — и обратно, при охлажденіи на 1°, фунтъ воды уступитъ въ тридцать разъ больше теплоты, чѣмъ фунтъ ртути.

Слѣдующій простой опытъ покажетъ вамъ наглядно, какъ велика разность между количествами теплоты, заключающимися въ различныхъ тѣлахъ при одной и той же температурѣ.

Вотъ восковая пластинка въ $^1/_2$ дюйма толщины. Я погружаю въ масло, нагрѣтое до 180° C, нѣсколько шариковъ, приготовленныхъ изъ различныхъ металловъ, — изъ желѣза, свинца, висмута, олова и мѣди. Всѣ они принимаютъ температуру масла, послѣ чего я вынимаю ихъ и кладу на восковую пластинку, D (фиг. 43), положенную на горизонтальное кольцо; они расплавляютъ воскъ и углубляются въ него, но неодинаково скоро. Желѣзо и мѣдь расплавляютъ воскъ и погружаются въ него скорѣе всѣхъ, затѣмъ слѣдуетъ олово и наконецъ свинецъ и висмутъ.

Фиг. 43.



Вотъ желѣзный шарикъ расплавилъ пластинку насквозь, и падаетъ, мѣдный слѣдуетъ за нимъ, между тѣмъ какъ оловянный только что начинаетъ показываться на нижней сторонѣ восковой пластинки, а свинцовый и висмутовой едва погрузились до половины ея.

Если бы я взялъ одинаковые вѣса различныхъ веществъ, нагрѣлъ бы ихъ до 100° и опредѣлилъ бы количества теплоты, уступаемыя ими при охлажденіи до 0°, то разности между этими количествами для различныхъ тѣлъ были бы очень велики. Нѣкоторые замѣчательные ученые опредѣляли количества теплоты, заключащіяся въ различныхъ тѣлахъ, наблюдая времена, необходимыя для одинаковаго охлажденія этихъ тѣлъ. Тѣло охлаждается тѣмъ медленнѣе, чѣмъ больше въ немъ заключается теплоты. Подобныя же розысканія можно дѣлать, погружая нагрѣтое тѣло въ холодную воду и опредѣляя возвышеніе температуры воды и пониженіе температуры тѣла. Наконецъ вопросъ этотъ можетъ быть рѣшенъ, наблюдая количество льда, которое можетъ быть расплавлено испытуемымъ тѣломъ при охлажденіи послѣдняго отъ 212° F до 32°, или

отъ 100° C до 0°. Всѣ способы привели къ согласнымъ результатамъ. Принявши за единицу количество теплоты, возвышающее температуру одного фунта воды на 1°, то слѣдующія числа покажутъ количества теплоты, необходимыя для такого же возвышенія температуры одного фунта различныхъ веществъ.

Вода — — —	1,0000.
Сѣра — — —	0.2026.
Фосфоръ — —	0,0817
Сурьма— — —	0,0508.
Висмутъ — —	0,0380.
Цинкъ — — —	0,0955.
Кадмій — — —	0,0567.
Олово — — —	0,0562.
Свинецъ — —	0,0314.
Желѣзо — —	0,1138.
Кобальтъ — —	0,1070.
Никкель — —	0,1086.
Мѣдь — — —	0,0951.
Ртуть — — —	0.0333.
Серебро — —	0,0570.
Золото — — —	0,0324.
Платина — —	0,0324.

Таблица эта объясняетъ намъ, почему желѣзный и мѣдный шарики расплавили восковую пластинку насквозь, между тѣмъ какъ свинцовый и висмутовый шарики не могли сдѣлать этого; олово же, какъ показываетъ таблица, занимаетъ среднее мѣсто между желѣзомъ и мѣдью съ одной стороны, и висмутомъ и свинцомъ съ другой. Это же самое видно было изъ нашего опыта. Изъ таблицы видно, что количество теплоты для воды болѣе, чѣмъ для всѣхъ остальныхъ тѣлъ.

Числа въ таблицѣ показываютъ то, что было названо выше удѣльною теплотою или теплоемкостью тѣлъ. Я уже говорилъ въ одной изъ прежнихъ лекцій, что тѣ, которые принимали теплоту за жидкость, объясняли разность между удѣльными теплотами тѣмъ, что одни тѣла содержатъ эту жидкость въ большемъ количествѣ, чѣмъ другія. И теперь, когда мы знаемъ настоящій смыслъ, который нужно придавать слову «удѣльная теплота», мы можемъ безъ вреда употреблять это названіе.

Величина силы, необходимой для сообщенія атомамъ движенія и для

произведенія внутренней работы, чрезвычайно велика, когда ее сравниваютъ съ обыкновенными силами. Этотъ фунтъ желѣза, при нагрѣваніи отъ 32° F до 212, увеличивается въ объемѣ на $^1/_{800}$ своей первоначальной величины. Самый лучшій глазъ не могъ бы, безъ помощи снарядовъ, замѣтить этого увеличенія объема; между тѣмъ, чтобы увеличить движенія атомовъ, соотвѣтственно возвышенію температуры, и отодвинуть ихъ на маленькія пространства, соотвѣтственно увеличенію объема, нужно количество теплоты, которое могло бы поднять около 8 тонъ (*) на 1 ф. Сила тяжести ничтожна въ сравненіи съ молекулярными силами; притяженіе земли на 1 ф. желѣза ничтожно въ сравненіи съ притяженіями составляющихъ его частей. Вода представляетъ еще болѣе поразительный примѣръ. По обѣ стороны 4° C или 39° F. Она расширяется, такъ какъ при этой температурѣ плотность ея наибольшая. Предположимъ, что вода нагрѣвается отъ $3^1/_2$° C до $4^1/_2$° C, т. е. на 1°; объемъ ея при обѣихъ температурахъ одинаковъ, и, слѣдовательно, атомы не были удаляемы одинъ отъ другаго; тѣмъ не менѣе водѣ сообщено количество теплоты, которое, при употребленіи его на механическую работу, подняло бы 1390 фун. на 1 футъ. Внутренняя работа, въ настоящемъ случаѣ, могла состоять только въ поворачиваніи частицъ воды, которое увеличивало разстоянія между притагательными полюсами атомовъ, не измѣняя при этомъ разстояній между ихъ центрами. Эти разсужденія могутъ показаться не совсѣмъ ясными для непривыкшихъ заниматься ими; но всякій, остановившійся на нихъ со вниманіемъ, найдетъ ихъ совершенно ясными.

Здѣсь будетъ кстати замѣтить, что бываютъ виды внутренней работы, отличныя отъ увеличенія разстояній между атомами. На приближеніе атомовъ, точно также какъ и на удаленіе ихъ, можетъ потребоваться большая работа. Для преодолѣнія силъ, дѣйствующихъ изъ извѣстныхъ точекъ, или полярныхъ силъ, которыя сверхъ того дѣйствуютъ по извѣстному направленію и этимъ вызываютъ симметричность кристалловъ, также нужна теплота, которая, будучи сообщаема газу, можетъ и здѣсь сопровождаться уменьшеніемъ объема. Примѣромъ этого служитъ уменьшеніе объема льда и висмута при плавленіи. Я могъ бы вообразить систему атомовъ, въ которой совершалось бы тоже самое, что въ тающемъ льдѣ; но каждый занимающійся этимъ предметомъ придумаетъ ее безъ затрудненія.

(*) Тона = 62 пудамъ.

Большая теплоемкость воды ведетъ къ весьма важнымъ послѣдствіямъ, на которыя я считаю нужнымъ указать. Удѣльная теплота воздуха составляетъ около 0,25 удѣльной теплоты воды, такъ что теплота, теряемая однимъ фунтомъ воды при пониженіи температуры его на 1°, въ состояніи возвысить температуру 4-хъ ф. воздуха на 1°. Но вода въ 770 плотнѣе воздуха; слѣдовательно теплота, теряемая кубическимъ футомъ воды, при охлажденіи на 1°, возвыситъ температуру 770×4=3080 кубич. фут. воздуха на 1°.

Изъ этого видно, какое умѣряющее вліяніе имѣетъ океанъ на климатъ. Теплота, которою море запасается въ теченіи лѣта, мало по малу выдѣляется имъ зимою. Чрезъ это на островахъ не бываетъ крайностей въ климатѣ: здѣсь лѣто не можетъ быть такимъ жаркимъ, а зима такою суровою, какъ на континентѣ. Во многихъ частяхъ континента Европы могутъ произрастать фрукты, не дозрѣвающіе въ Англіи; но въ тѣхъ же мѣстахъ луга не бываютъ такъ постоянно зелены, какъ въ Англіи, потому что луговыя травы не выносятъ континентальной зимы. Вообще можно сказать, что въ Исландіи зима менѣе сурова, чѣмъ въ Ломбардіи (*).

До сихъ поръ мы разсматривали теплоту, которая, сообщаясь тѣламъ, производитъ только такія молекулярныя измѣненія, при которыхъ тѣла не измѣняютъ своихъ физическихъ состояній, то есть твердое тѣло остается твердымъ, а жидкое — жидкимъ. Теперь обратимъ вниманіе на то, что происходитъ при измѣненіи физическаго состоянія. Твердое тѣло, при достаточномъ нагрѣваніи, расплавляется и превращается въ жидкость, которая въ свою очередь превращается въ пары. Ледъ можетъ представить намъ всѣ эти измѣненія состояній: при температурахъ, низшихъ 0° C, онъ твердый, при 0° C онъ превращается въ жидкость, и эта температура остается неизмѣнною, пока весь ледъ не растаетъ. При нагрѣваніи воды до 100° C, она превращается въ паръ, то есть переходитъ въ газообразное состояніе, сохраняя при этомъ во все время кипѣнія температуру 100° C. Но во время таянія льда и кипѣнія воды теплота безпрестанно сообщалась имъ. Для того, чтобы расплавить ледъ, нужно сообщить ему такое количество теплоты, которое возвысило бы температуру такого же количества воды на 79° C для того же, чтобы превратить воду въ паръ, имѣющій ту же температуру, нужно сообщить ей въ 537 разъ больше теплоты, чѣмъ сколько нужно для возвышенія температуры такого же

(*) Смотри примѣчаніе переводчика въ прибавленіи къ этой лекціи.

количества воды на 1° Число 79 называется скрытою теплотою воды, а 537 — скрытою теплотою пара. Тѣ, которые придумали это названіе, видѣли, что теплота сообщается во все время таянія или кипѣнія; но такъ какъ она не обнаруживалась на термометрѣ, то и объясняли это тѣмъ, что теплородная жидкость скрывается какимъ-то образомъ въ промежуткахъ между частицами воды и пара. Въ силу же нашей теоріи, теплота, истрачиваемая на плавленіе, увеличиваетъ потенціальную напряженность атомовъ; она соотвѣтствуетъ силѣ, употребляемой на поднятіе тяжести. То же самое относится и къ пару, частицы котораго обладаютъ еще большею потенціальною напряженностью, чѣмъ частицы воды. Когда же паръ осаждается при охлажденіи, то частицы снова приближаются съ динамическою напряженностью, равною той, которая была потрачена на удаленіе ихъ, и при этомъ снова возстановляется вся теплота, потраченная на измѣненіе физическаго состоянія воды.

Плавленіе, превращающее тѣла твердыя въ жидкія, есть внутренняя работа, состоящая въ приведеніи атомовъ въ новыя положенія. Испареніе есть также главнымъ образомъ внутренняя работа, къ которой впрочемъ нужно прибавить внѣшнюю работу, совершаемую паромъ, при расширеніи подъ атмосфернымъ давленіемъ.

Мы обязаны Румфорду за первое точное опредѣленіе силы топлива. Румфордъ опредѣлялъ силы топлива тѣмъ вѣсомъ воды, температуру котораго можно возвысить на 1° при совершенномъ сожиганіи единицы вѣса топлива. Такъ 1 ф. древеснаго угля, соединяясь $2^2/_3$ ф. кислорода и образуя углекислоту, доставитъ количество теплоты, могущее нагрѣть 8000 ф. воды на 1° С. Подобнымъ же образомъ 1 ф. водорода, соединяясь съ 8 ф. кислорода и образуя при этомъ воду, нагрѣетъ 34000 ф. воды на 1° С. Слѣдовательно, способности водорода и угля для произведенія теплоты относятся между собою, какъ 34:8. Новыя, весьма точныя изслѣдованія Фавра и Зильбермана подтверждаютъ данныя Румфорда.

Теперь прослѣдимъ воду въ различныхъ фазахъ ея существованія. Начнемъ съ того, когда составныя части ея находятся еще въ состояніи свободныхъ атомовъ, которые взаимно притягиваются и сталкиваются. Легко вычислить механическое значеніе этого молекулярнаго дѣйствія. Зная число фунто-футовъ, соотвѣтствующихъ нагрѣванію одного фунта воды на 1° С, мы найдемъ сейчасъ же число фунто-футовъ, соотвѣтствующихъ нагрѣванію 34000 фун. воды на 1° С. Нужно только помножить 34000 на 1390, то есть на механическій эквивалентъ для

1° C. Оказывается, что соединеніе 1 ф. водорода съ 8 ф. кислорода, по механическому значенію, равняется поднятію 47 милліоновъ фунтовъ на 1 ф. Не напрасно сказалъ я выше, что сила тяжести на поверхности земли ничтожна въ сравненіи съ молекулярными силами. Нужно помнить при этомъ, что разстоянія между атомами чрезвычайно малы, и что атомы на этихъ разстояніяхъ успѣваютъ пріобрѣсти скорость, вслѣдствіе которой они сталкиваются съ тою громадною напряженностью, о которой даетъ понятіе предъидущее число.

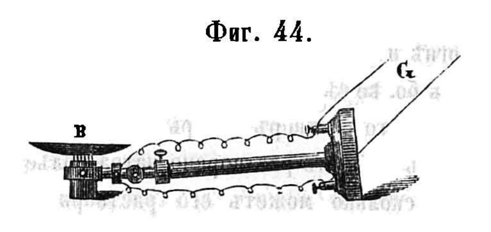
Послѣ соединенія водорода съ кислородомъ, вода еще находится въ газообразномъ состояніи, и пары ея осаждаются послѣ того, какъ температура ихъ понизится до 100° C. Прежде атомы водорода и кислорода сталкивались для образованія сложнаго тѣла — воды; теперь же частицы воды сталкиваются для образованія жидкости, и легко вычислить механическое значеніе этого дѣйствія. Изъ 1 фун водорода и 8 фун. кислорода мы получили, при ихъ соединеніи, 9 фун. водянаго пара. При осажденіи 9 ф. пара проявляется количество теплоты, могущее возвысить на 1° C температуру 537×9 ф. воды. Помножая это число на 1390, увидимъ, что механическое дѣйствіе, соотвѣтствующее осажденію 9 ф. паровъ, равно 6717870 фунто-футамъ (*). Наконецъ, превращеніе 9 ф. воды въ ледъ соотвѣтствуетъ механическому дѣйствію въ 993,564 фунто-футовъ. Теплота, развивающаяся при образованіи 9 ф. паровъ, соотвѣтствуетъ паденію тоны съ высоты—22320 ф ; осажденіе паровъ соотвѣтствуетъ паденію тоны съ высоты 2900 ф., и наконецъ замерзаніе воды — паденію съ высоты 433 ф. Я видѣлъ громадныя лавины на Альпахъ, спускающіяся съ страшнымъ трескомъ въ долины и мгновенно разрушающія все, что попадается имъ на пути; видѣлъ я также снѣжныя клочья, падающія такъ нѣжно на землю, что при этомъ не ломаются хрупкія иголочки, изъ которыхъ они состоятъ. При образованіи небольшаго количества этого мягкаго снѣга выдѣляется теплота, которая, будучи употреблена на механическую работу, была бы въ состояніи поднять самыя большія лавины на высоту, вдвое большую той, съ которой они упали.

(*) Въ опытѣ Румфорда теплота, выдѣляющаяся при осажденіи паровъ, была отнесена къ той теплотѣ, которая развивается при горѣніи водорода. Вычтя же теплоту осажденія, увидимъ, что механическое значеніе соединенія водорода и кислорода при образованіи воды равняется 40 милліонамъ фунто-футовъ.

Теперь я покажу на опытѣ теплородныя явленія, сопровождающія измѣненіе физическаго состоянія тѣлъ.

Я кладу закрытый конецъ термо-электрическаго столбика на столъ, а на открытый конецъ ставлю тонкое серебрянное блюдечко B (фиг. 44), въ которое наливаю теплой воды. Стрѣлка гальванометра отклоняется, показывая нагрѣваніе столбика, и послѣ нѣсколькихъ колебаній останавливается на 70°. Я кладу въ воду маленькую щепотку порошка селитры, которая тамъ растворяется. Селитра была предварительно нагрѣта также какъ вода. Но при раствореніи селитры весь избытокъ теплоты въ водѣ и селитрѣ истрачивается, и растворъ становится даже холоднѣе воздуха въ комнатѣ, какъ вы можете видѣть по движенію стрѣлки, показывающему довольно сильное охлажденіе. Тоже самое обнаруживается, но въ болѣе слабой степени, когда вмѣсто селитры бросимъ въ воду обыкновенной поваренной соли. Изъ этого видно, что количество внутренней работы, необходимой для растворенія соли — менѣе той, которая идетъ на раствореніе селитры. Слѣдовательно и между скрытыми теплотами различныхъ тѣлъ, существуетъ различіе, подобно тому, какъ между ихъ теплоемкостями. При раствореніи сахара въ водѣ, охлажденіе бываетъ еще меньше, чѣмъ при раствореніи соли. Такимъ образомъ, бросая сахаръ въ горячій чай, мы самымъ ученымъ образомъ охлаждаемъ его также точно, какъ охлаждаемъ супъ, посоливши его; еслибъ вы имѣли въ виду только поскорѣе охладить супъ, не заботясь о вкусѣ его, то должны бы бросать въ него селитру.

Фиг. 44.

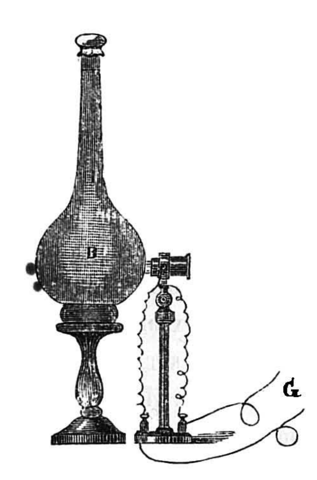


Въ одной изъ прежнихъ лекцій для произведенія сильнаго холода я взялъ смѣсь толченаго льда и соли. Здѣсь ледъ и соль измѣняютъ оба свои физическія состоянія, и количество внутренней работы, необходимой для этого измѣненія, такъ велико, что температура можетъ понижаться на 13° C и болѣе ниже нуля. Если въ нѣсколько часовыхъ стеколъ налить по нѣскольку капель воды, вложить ихъ одно въ другое и затѣмъ, обвернувши всѣ вмѣстѣ тонкимъ оловяннымъ листомъ, погрузить въ смѣсь льда съ солью, то они смерзаются и образуютъ плотный цилиндръ.

Теперь я покажу вамъ обратный процессъ, — выдѣленіе теплоты при переходѣ изъ жидкаго состоянія въ твердое. Легко убѣдиться, что

сѣрнокислый натръ поглощаетъ теплоту, когда его кристалики растворяются: стоитъ только повторить надъ нимъ тотъ опытъ, который мы дѣлали надъ селитрою и солью, и вы увидите по движенію стрѣлки, что растворъ охлаждается. Вотъ бутылка съ длинной шейкой, наполненная растворомъ сѣрнокислаго натра (фиг. 45), растворъ былъ приготовленъ на огнѣ и такъ какъ горячая вода растворяетъ болѣе сѣрнокислаго натра, чѣмъ холодная, то растворъ теперь пересыщенъ, то есть въ немъ растворено натра болѣе, чѣмъ сколько можетъ его раствориться при настоящей тепературѣ воды. Но пока растворъ находится въ покоѣ и ничто не падаетъ въ него, сѣрнокислый натръ не выдѣляется. Также точно, оставляя воду въ совершенномъ покоѣ, мы можемъ понизить ея температуру на нѣсколько градусовъ ниже 0° C, не превращая ее въ ледъ. Многимъ изъ васъ вѣроятно случалось замѣтить послѣ холодныхъ зимнихъ ночей, что вода, при выливаніи изъ ведра, стоявшаго въ холодной комнатѣ, мгновенно замерзаетъ. Подобные случаи очень обыкновенны въ холодномъ климатѣ. Въ нашемъ растворѣ частицы сѣрнокислаго натра находятся на краю пропасти и я толкну ихъ туда, бросивши въ бутылку маленькій кристаликъ сѣрнокислаго натра, величиною въ песчинку. Въ бутылкѣ прежде находилась совершенно свѣтлая жидкость; когда я бросаю кристаликъ, то онъ не тонетъ, и къ нему тотчасъ пристаютъ твердыя частицы сѣрнокислаго натра. Такое выдѣленіе атомовъ изъ раствора распространяется постепенно внизъ въ шейкѣ бутылки. Когда кристалы начнугъ образовываться противъ того мѣста, гдѣ къ бутылкѣ прикасается термоэлектрическій столбикъ, то вы увидите по движенію стрѣлки, что въ бутылкѣ развивается теплота. Количество теплоты, выдѣляемое при кристаллизаціи раствора, равняется тому, которое поглощается при раствореніи.

Фиг. 45.

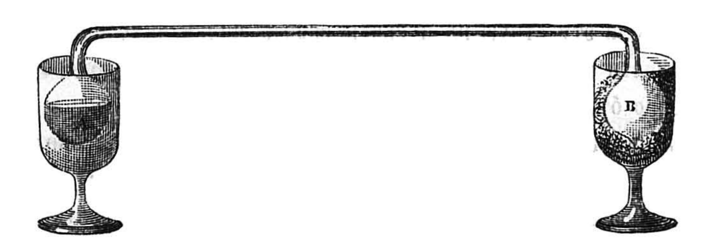


Опыты эти показали намъ скрытую теплоту жидкостей; теперь я на опытѣ же покажу существованіе скрытой теплоты у паровъ, другими словами, я обнаружу передъ вами ту теплоту, которая сообщаетъ потенціальную напряженность атомамъ тѣлъ при переходѣ ихъ изъ жидкаго состоянія въ газообразное. По прежнему кладу термоэлектрическій стол-

бикъ закрытымъ концомъ на столъ, и на открытый конецъ ставлю серебряное блюдечко, въ которое я налилъ нѣсколько капель летучей (то есть испаряющейся при низкой температурѣ) жидкости, подогрѣвши ее немного передъ этимъ. По движенію стрѣлки видно, что блюдечко теплѣе комнатнаго воздуха. Но вотъ стрѣлка начинаетъ двигаться обратно, достигаетъ до нуля, и теперь уже показываетъ холодъ. Въ нашемъ опытѣ въ блюдечко былъ налитъ сѣрный эфиръ, который испаряется очень быстро, поглощаетъ сперва всю теплоту, вслѣдствіе которой жидкость и блюдечко были болѣе нагрѣты, чѣмъ окружающій воздухъ, и затѣмъ еще болѣе понижаетъ ихъ температуру. Тоже самое будетъ со спиртомъ, особенно въ томъ случаѣ, когда мы ускоримъ испареніе, раздувая, помощью мѣха, воздухъ надъ спиртомъ. Вода еще менѣе летуча, чѣмъ спиртъ; но можно показать, что испареніе воды также производитъ охлажденіе. Иногда держутъ воду въ сосудахъ, нѣсколько пропускающихъ ее, такъ что внѣшняя поверхность ихъ бываетъ покрыта какъ бы росою. Просачивающаяся вода испаряется, и такъ какъ вся почти теплота, необходимая для этого, берется у воды, находящейся въ сосудѣ, то вода въ немъ черезъ это становится холодная.

Въ слѣдующемъ опытѣ вы увидите, что охлажденіе при испареніи воды можетъ быть до того велико, что помощію его можно заморозить воду. Вотъ приборъ (фиг. 46), называемый кріофоромъ, изобрѣтенный

Фиг. 46.



Уолластономъ. Приготовивши этотъ ~~этотъ~~ сосудъ въ него наливали воды и послѣ этого оставляли въ немъ только маленькое отверстіе. При нагрѣваніи воды образующійся паръ выгоняетъ чрезъ это отверстіе весь воздухъ, и когда изъ отверстія выходитъ уже чистый паръ, то его запаиваютъ помощью паяльной трубки. Тогда въ сосудѣ будетъ только вода да пары, смѣшанные съ самымъ малымъ количествомъ воздуха. Вы видите, что жидкость, при переворачиваніи, производитъ такой стукъ, какъ въ водяномъ молоткѣ.

Я переливаю всю воду въ шарикъ А, который погружаю въ пустой стаканъ для того, чтобы предохранить его отъ движущаго воздуха Шарикъ В погружаю въ охлаждающую смѣсь. Тогда пары, подымающіеся отъ жидкости, охлаждаются въ В, въ сосудѣ образуется пустота, которая тотчасъ наполняется новыми парами, и по мѣрѣ того, какъ пары подымаются отъ А, вода въ немъ охлаждается и черезъ $^1/_4$ часа она превратится въ ледъ. Весь процессъ состоитъ въ томъ, что движеніе называемое теплотою, переходитъ безъ вознагражденія изъ одного шарика въ другой и у этого втораго отнимается охлаждающею смѣсью (*).

Но особенно поразительный примѣръ поглощенія теплоты при измѣненіи физическаго состоянія представляетъ вещество, заключающееся въ этомъ плотномъ желѣзномъ сосудѣ: здѣсь находится углекислота, превращенная въ жидкость помощью сильнаго давленія. При обыкновенныхъ условіяхъ она есть газъ, такой же прозрачный, какъ и воздухъ, но отличается отъ него тѣмъ, что свѣчка, погруженная въ банку съ углекислотою, тотчасъ тухнетъ. Когда мы отвернемъ кранъ, закрывшій желѣзный сосудъ, то на углекислоту будетъ давить только атмосферный воздухъ, жидкость въ сосудѣ тотчасъ закипитъ, превращается въ газъ, который съ большею силою вытекаетъ изъ отверстія. Но въ этой струѣ газа видны бѣлыя частички — это снѣгъ, образовавшійся изъ углекислоты. Охлажденіе, произведенное переходомъ углекислоты изъ жидкаго состоянія въ газообразное, такъ велико, что часть углекислоты замерзаетъ и въ видѣ бѣлыхъ снѣжинокъ выносится вытекающимъ газомъ. Если эту струю пропускать сквозь цилиндрическій сосудъ, то то весь почти снѣгъ остается въ немъ и представляется теперь въ видѣ совершенно бѣлой массы.

Твердая углекислота уничтожается довольно медленно, потому что она не скоро можетъ собрать изъ окружающаго воздуха количество теплоты, необходимое для ея испаренія. Ее можно даже взять въ руки; но не нужно сжимать ее при этомъ слишкомъ сильно, потому что она на столько холодна, что можетъ обжечь васъ. Я погружаю кусочекъ

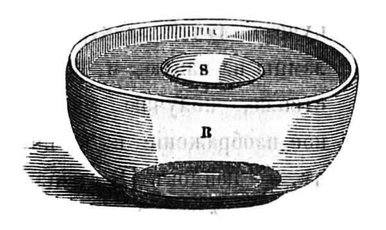
(*) Этимъ охлаждающимъ дѣйствіемъ испаренія пользуются для замораживанія воды въ Остъ-Индіи. Воду наливаютъ въ плоскіе и шереховатые сосуды и выставляютъ ее въ ясныя и тихія ночи. Чтобы теплота отъ земли не могла сообщаться водѣ, сосуды ставятся на довольно толстомъ слоѣ соломы. Испареніе воды и лучеиспусканіе, которое усиливается вслѣдствіе шероховатой поверхности сосудовъ отнимаютъ такъ много теплоты, что къ утру вода замерзаетъ.

ея въ воду, и вы видите, что отъ нея отдѣляются пузырки, заключающіе въ себѣ чистую углекислоту, какъ легко убѣдиться собравши ихъ. Твердая углекислота не растворяется и не тонетъ въ водѣ. Теперь я кладу кусочекъ углекислоты въ ротъ и, не вдыхая газъ, который отъ нее отдѣляется, дую имъ на свѣчку: она тухнетъ. Въ концѣ лекціи я объясню вамъ, какъ можно безъ вреда класть въ ротъ такое холодное тѣло. На столько же холодный кусокъ желѣза причинилъ бы значительный вредъ.

Слѣдовательно, эта твердая углекислота, температура которой очень низка, не охлаждаетъ тѣлъ, къ которымъ она прикасается, потому что она на самомъ дѣлѣ не прикасается къ нимъ. Вода, какъ мы видѣли, не растворяетъ ее, но сѣрный эфиръ растворяетъ, и если я налью на нее немного этого эфира, то получу массу, имѣющую видъ тѣста и обладающею большею способностью охлажденія. Если такую смѣсь приготовить въ толстомъ стеклянномъ стаканѣ, то онъ треснетъ, вслѣдствіе сильнаго сжиманія его внутренней поверхности. Если въ чашкѣ разостлать бумагу, налить туда фунтъ или два ртути, а на ртуть положить немного твердой углекислоты и облить ее эфиромъ, то ртуть замерзнетъ. Вы уже знаете, что для этого нужна очень низкая температура. Заморозивши такимъ образомъ ртуть, я могу ковать ее или рѣзать ножемъ, подобно свинцу. Когда я погружаю ее въ воду, то она снова превращается въ жидкость и капельки ее падаютъ ко дну; но при этомъ замерзаетъ вода, которая прикасалась къ этимъ каплямъ, такъ что въ томъ мѣстѣ, гдѣ они падаютъ, образуются ледяныя трубочки. Такіе опыты можно разнообразить до чрезвычайности.

Я хочу теперь обратить ваше вниманіе на другой родъ явленій, зависящихъ также отъ испаренія. Вотъ фарфоровая чашка B (фиг. 47), наполненная горячей водой. Я нагрѣваю серебряное блюдечко S до краснаго каленія и кладу его на воду. Что произойдетъ при этомъ? Вы скажете, что избытокъ теплоты блюдечка сообщиться водѣ, и что это будетъ продолжатся до тѣхъ поръ, пока температуры воды и серебра не уравняются. Но этого на самомъ дѣлѣ не случается. Раскаленное блюдечко, прикасаясь къ водѣ, образуетъ подъ собою количество па-

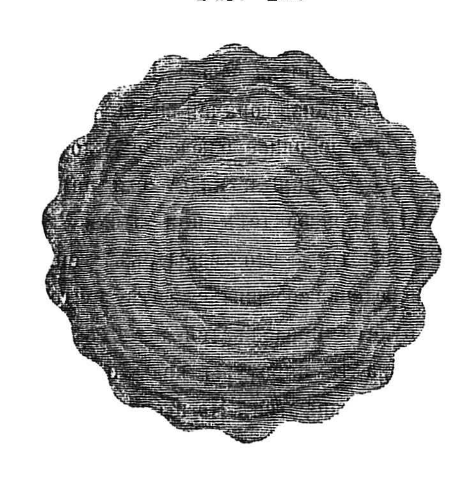
Фиг. 47.



ровъ, достаточное для того, чтобы поддерживать его надъ водою, или въ смыслѣ гипотезы, изложенной въ третьей лекціи, оно поддерживается надъ водою ударами частицъ воды на его нижнюю поверхность. Это будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока температура серебра не понизится на столько, что образующіеся пары не будутъ имѣть достаточной упругости для поддержанія блюдечка, которое въ такомъ случаѣ прикасается къ водѣ съ обыкновеннымъ въ такихъ случаяхъ шипѣніемъ и отдѣленіемъ паровъ. То же самое происходитъ, когда, въ раскаленное блюдечко налить нѣсколько воды, капли которой поддерживаются ея собственными парами, или, другими словами, ударами частичекъ воды, отскочившихъ отъ раскаленнаго металла. При охлажденіи блюдечка удары эти становятся слабѣе и не могутъ поддерживать капель, которыя въ такомъ случаѣ прикасаются къ металлу и быстро превращаются въ паръ.

Вы не можете съ вашихъ мѣстъ видѣть этотъ приплюснутый водяной сфероидъ, двигающійся надъ раскаленнымъ блюдечкомъ; но я надѣюсь сдѣлать его замѣтнымъ для васъ. Замѣтьте, что подъ каплею безпрестанно образуются пары, которые постепенно выходятъ изъ подъ нее по бокамъ. Если нижняя поверхность капли представляетъ плоскую поверхность, то выходъ паровъ по бокамъ становится затруднительнымъ, и тогда они проходятъ сквозь внутренность капли. Но я выбралъ блюдечко такой формы, чтобы пары могли выходить изъ подъ капли по бокамъ. Иногда случается, что пары отдѣляются періодически, черезъ правильные промежутки, и тогда водяная капля принимаетъ видъ красивой розетки. Теперь я имѣю водяной шарикъ, два дюйма въ діаметрѣ, съ красивыми выгибами на поверхности. Я направляю пучекъ лучей электрической лампы на каплю, и, помощью стекла, получаю увеличенное изображеніе ея на потолкѣ, — дюймовъ 18 въ діаметрѣ (фиг. 48). Для того, чтобы края капли и изгибы на нихъ были болѣе рѣзко огра-

Фиг. 48.



ничены, я прибавляю къ ней чернила. Теперь я перестаю подогрѣвать блюдечко, — волненіе продолжается еще нѣкоторое время, потомъ поверхность ея становится гладкою, и сама капля находится въ совершенномъ покоѣ, представляя собой жидкій сфероидъ. Но вотъ она разливается по всему блюдечку и быстро испаряется, — значитъ она прикоснулась къ раскаленному металлу и сфероидальное состояніе ея прекратилось.

Я переворачиваю серебряное блюдечко выпуклою поверхностью вверхъ и ставлю его противъ электрической лампы. Помощью стекла я получаю изображеніе выпуклости блюдечка на экранѣ. Изъ губки, пропитанной спиртомъ, я выдавливаю капельки спирту, которыя падаютъ на блюдечко, и вы видите увеличенныя изображенія этихъ капель на экранѣ; вы видите также, что, ударившись о блюдечко, они расплющиваются и стекаютъ по его поверхности. Подъ блюдечко я ставлю лампу, которая разогрѣетъ его, и вы видите, что падающія капли не расплющиваются болѣе при ударѣ о блюдечко, но скатываются въ видѣ жидкихъ шариковъ (фиг. 49), подскакивая. какъ будто они падаютъ на упругую пружину. И это на самомъ дѣлѣ имѣетъ мѣсто: каждая капля, падая на раскаленный металлъ и катаясь по немъ, отдѣляетъ пары, которые не позволяютъ ей прикоснуться къ нему и уничтожаютъ прилипаніе капли къ нему, вслѣдствіе чего послѣдняя можетъ сохранять сфероидальную форму.

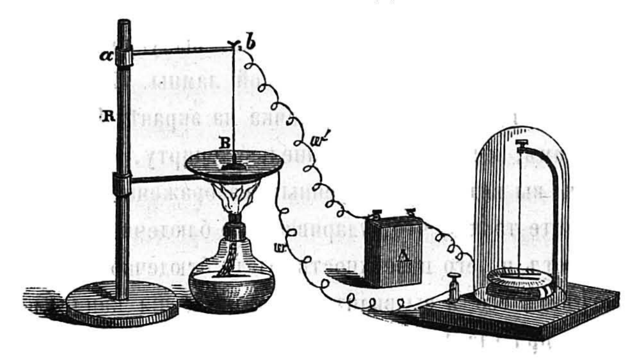
Фиг. 49.



Вотъ снарядъ, придуманный профессоромъ Поггендорфомъ, помощію котораго можно весьма наглядно показать, что сфероидальная капля дѣйствительно не прикасается къ металлу. Отъ блюдечка B (фиг. 50) идетъ проволока *w*, обмотанная около рамки, въ которой помѣщается магнитная стрѣлка. Другой конецъ проволоки гальванометра я соединяю съ однимъ изъ полюсовъ электрической батареи, отъ другаго же полюса идетъ проволока къ подставкѣ *ab* и продѣвается сквозь отверстіе въ ней. Такимъ образомъ этотъ второй ко-

нецъ проволоки можетъ быть легко опускаемъ и подымаемъ. Я разогрѣваю блюдечко, наливаю въ него нѣсколько капель воды и погружаю въ нее конецъ проволоки. Вы видите, что стрѣлка гальванометра остается въ покоѣ, пока капля сохраняетъ сфероидальный видъ: цѣпь прерывается на промежуткѣ между каплею и блюдечкомъ. Но токъ бу-

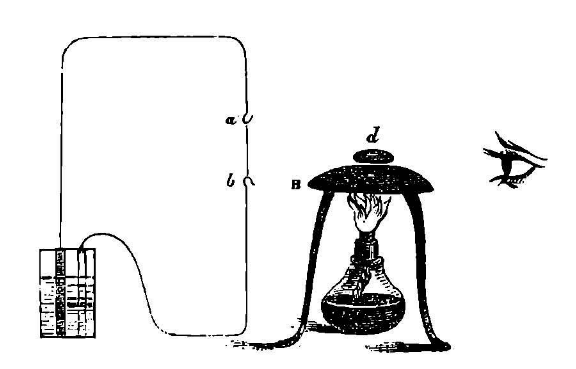
Фиг. 50.



детъ проходить, когда капля будетъ прикасаться къ блюдечку. Чтобы убѣдиться въ этомъ, я принимаю лампу изъ подъ блюдечка; сфероидальное состоянiе вскорѣ прекращается, жидкость прикасается къ металлу, и вы видите, что стрѣлка гальванометра отклоняется отъ своего прежняго положенiя.

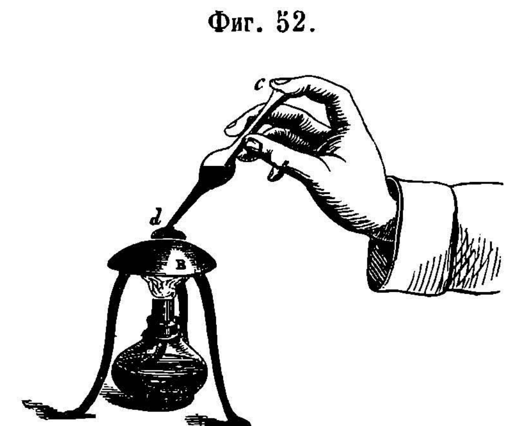
Можно на самомъ дѣлѣ увидѣть промежутокъ между каплею и раскаленною поверхностiю металла. Оберните вверхъ дномъ довольно плоское блюдечко (фиг. 51), на которомъ бы могла держаться капля жид-

Фиг. 51.



кости. Блюдечко подогрѣвается снизу, а на него кладутъ каплю чернила *d*, смѣшаннаго со спиртомъ; за каплею помѣщается въ вертикальномъ положеніи платиновая проволока *ab*, которая раскаляется до красна при пропусканіи черезъ нее тока. Когда помѣстить глазъ въ уровень съ каплей, то черезъ промежутокъ между ею ираскаленнымъ металломъ вы увидите красную проволоку. Я хочу показать вамъ этотъ промежутокъ. Я разогрѣваю перевернутое блюдечко В (фиг. 52), и приближаю къ нему каплю, висящую на трубочкѣ. За блюдечкомъ я ставлю лампу, и, помощію стекла, поставленнаго въ приличномъ разстояніи, вы можете видѣть изображеніе свѣтлой полосы свѣта, прошедшаго сквозь промежутокъ между каплею и блюдечкомъ.

Фиг. 52.



Сфероидальное состояніе было замѣнено впервые Лейденфростомъ, и можно бы показать вамъ множество примѣровъ его. Можно сдѣлать такой опытъ, что жидкость будетъ кататься надъ жидкостью. Когда я погружаю въ теплую воду раскаленный до красна мѣдный шарикъ, то происходитъ шипѣніе, зависящее отъ выдѣленія паровъ. Но теперь прикосновеніе шарика къ жидкости весьма не совершенное, и когда шарикъ охладится, то жидкость будетъ прикасаться къ нему на всей поверхности, и испареніе становится такое сильное, что вода разбрызгивается изъ сосуда во всѣ стороны. Въ послѣднее время Бутиньи, помощію новыхъ опытовъ, сдѣлалъ этотъ предметъ еще болѣе интереснымъ, примѣнивши свои изслѣдованія къ объясненію многихъ необыкновенныхъ явленій. Мокрая рука можетъ быть безъ вреда погружена въ расплавленный металлъ. Бутиньи при мнѣ погружалъ свою руку въ расплавленное желѣзо и выплескивалъ жидкій металлъ изъ тигля. Кузнецъ можетъ безопасно лизать языкомъ раскаленное до бѣла желѣзо, потому что образующіеся пары предохраняютъ языкъ отъ прикосновенія къ желѣзу. Теперь понятно, почему твердая углекислота не повредила моему языку, когда я клалъ ее на него: пары

углекислоты предохраняли мой языкъ отъ прикосновенія къ холодной углекислотѣ. Этому обстоятельству приписываетъ Бутиньи избавленіе многихъ несчастныхъ, которыхъ въ древнія времена подвергали испытанію посредствомъ огня. Къ этому нужно, впрочемъ, прибавить, что объясненіе Бутиньи не принято многими учеными (*).

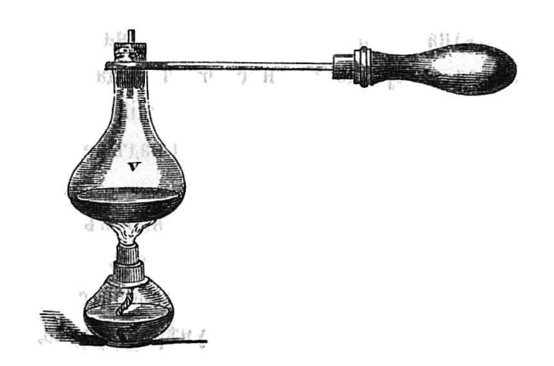
Взрывы котловъ также приписываютъ сфероидальному состоянію воды; выходя изъ него, вода прикасается къ нагрѣтому металлу, и при этомъ образуется множество паровъ, которые и причиняютъ разрывъ котла. Въ этомъ отношеніи наши свѣдѣнія менѣе полны, чѣмъ слѣдовало бы. Опытъ показываетъ, что несчастные случаи взрыва котловъ могутъ происходить отъ нѣсколькихъ причинъ, но практика еще не дознала, какія изъ этихъ причинъ дѣйствуютъ на самомъ дѣлѣ. Дѣйствіе мгновеннаго образованія большаго количества паровъ обнаружится помощію слѣдующаго опыта. Вотъ мѣдная бутылка V (фиг. 53), которую я могу плотно закупорить пробкою. Въ пробку вдѣвается тонкая

(*) Другое объясненіе сфероидальнаго состоянія тѣлъ состоитъ въ томъ, что вода не смачиваетъ горячихъ металловъ, подобно тому, какъ ртуть при обыкновенной температурѣ не смачиваетъ стекла. Извѣстно, что если погрузить въ воду очень тонкую стеклянную трубку, то вода въ ней подымается выше уровня воды въ сосудѣ. Напротивъ, ртуть въ такой же трубкѣ стоитъ ниже уровня ртути въ сосудѣ. Явленія эти называются явленіями капилярности или волосности (вслѣдствіе тонкихъ, какъ волосъ, трубокъ), и объясняются притяженіемъ, существующимъ между частицами стекла и воды, и отталкиваніемъ между ртутью и стекломъ. Чѣмъ тоньше трубка, тѣмъ выше поднимается вода и тѣмъ ниже опускается ртуть Вольфъ замѣтилъ, что чѣмъ теплѣе вода, тѣмъ меньше подымается она въ трубкѣ; при нѣкоторой температурѣ она стоитъ на одномъ уровнѣ въ трубкѣ и сосудѣ, а при дальнѣйшемъ нагрѣваніи она стоитъ ниже въ трубкѣ, чѣмъ въ сосудѣ, — подобно тому, какъ ртуть при обыкновенной температурѣ. Слѣдовательно, нагрѣваніе измѣняетъ притяженіе между стекломъ и водою въ отталкиваніе. Вода можетъ смачивать металлы, когда температура ихъ не выше 140° С; при болѣе высокихъ температурахъ она образуетъ на нихъ круглыя капли, похожія на капли ртути, брошенныя на тарелку. Температура водяныхъ капель, находящихся въ сфероидальномъ состояніи доходитъ до 50°.

Но спрашивается, почему притяженіе между водою и стекломъ переходитъ при высокой температурѣ въ отталкиваніе? Переходъ притяженія въ отталкиваніе трудно представить себѣ иначе, какъ допустивши, что частицы при нагрѣваніи движутся съ такою большою скоростію, что не смотря на существующее между ними притяженіе, онѣ отскакиваютъ одна отъ другой. Такимъ образомъ второе объясненіе сфероидальнаго состоянія сведется на объясненіе Бутиньи.

стеклянная трубка. Я разогрѣваю бутылку и вливаю въ нее немного воды, и изъ трубки выходитъ немного паровъ, потому что вода въ бутылкѣ находится въ сфероидальномъ состоянiи. Когда я удалю бутылку отъ огня, то черезъ нѣсколько минутъ вода прикоснется къ горячему металлу, и образуется такое большое количество паровъ, что пробка вырывается.

Фиг. 53.



Я отложилъ до конца сегодняшней лекцiи опытъ, который особенно поразитъ васъ. Помощью сѣрнистой кислоты Бутиньи заморозилъ воду, въ раскаленномъ до красна сосудѣ, а Фарадэ, помощью твердой углекислоты, заморозилъ ртуть. Вотъ пустой мѣдный шаръ, наполненный водою. Я раскаляю платиновую чашку до красна и кладу въ нее немного твердой углекислоты, политой эфиромъ. Ни углекислота, ни эфиръ не прикасаются къ раскаленной платинѣ, потому что ихъ отдѣляетъ отъ нея слой упругихъ паровъ. На смѣсь эфира и углекислоты я кладу мѣдный шаръ съ водою, на который сверхъ того накладываю немного углекислоты, смоченной эфиромъ. Вы слышите трескъ: замерзающая вода разорвала мѣдный шаръ; я снимаю обломки мѣди, и вы видите ледяной шаръ. Теперь я наливаю немного ртути въ мѣдный коническiй сосудъ. Эфиръ въ платиновомъ сосудѣ загорѣлся, чего я хотѣлъ избѣгнуть. Нужно производить опытъ такимъ образомъ, чтобы углекислота, — составляющая удушающiй газъ въ минахъ, — предохраняла эфиръ отъ воспламененiя. Но не смотря на это, ртуть все таки замерзаетъ, — и вотъ я выбрасываю изъ сосуда твердый кусокъ ея.

ПРИБАВЛЕНIЕ КЪ V ЛЕКЦIИ.

О континентальномъ и морскомъ климатѣ.

Близость большихъ морей имѣетъ чрезвычайное влiянiе на климатъ— избавляетъ его отъ слишкомъ сильныхъ жаровъ въ теченiи лѣта,

отъ большихъ холодовъ въ теченіи зимы и отъ слишкомъ рѣзкихъ переходовъ между температурою дня и ночи. Зависитъ это отъ того, что земля поглощаетъ гораздо больше лучей теплоты, чѣмъ вода, и потому первая нагрѣвается скорѣе второй. Но за то земля скорѣе испускаетъ лучи теплоты, чѣмъ вода, и слѣдовательно скорѣе охлаждается. Такимъ образомъ въ теченіи длиннаго лѣтняго дня земля и воздухъ, надъ нею находящійся, сильно нагрѣваются, гораздо сильнѣе, чѣмъ вода и воздухъ, находящійся подъ водою. Вблизи большихъ морей свѣжій морской воздухъ примѣшивается къ теплому воздуху, находящемуся надъ землею, и черезъ это жаръ умѣряется.

Во время ночи земля испускаетъ лучи теплоты, особенно въ томъ случаѣ, когда небо бываетъ ясное. Лучеиспусканіе земли болѣе, чѣмъ лучеиспусканіе воды и черезъ это воздухъ надъ землею становится холоднѣе, чѣмъ надъ моремъ; тогда морской воздухъ умѣряетъ холодъ ночи. Точно также объясняется вліяніемъ моря на общую температуру лѣта и зимы и вообще на среднюю температуру какого-нибудь мѣста: въ теченіи лѣта море холоднѣе земли и, слѣдовательно, оно охлаждаетъ ее; въ теченіи зимы, на оборотъ, оно согрѣваетъ ее. Вдали отъ моря нѣтъ умѣряющаго его вліянія, и измѣненія въ температурѣ бываютъ чрезвычайно рѣзкія. Лѣтніе дни бываютъ невыносимо жаркіе, слѣдующія за ними ночи довольно холодныя. Около Москвы нельзя путешествовать ночью безъ теплаго платья, даже въ іюлѣ. Подобные переходы еще болѣе замѣтны въ Сагарѣ, гдѣ послѣ жаркаго дня, въ теченіи котораго температура доходила въ тѣни до 40°С и болѣе, наступаетъ ночь, во время которой термометръ опускается иногда до 5°С. Не смотря на то, что Эдинбургъ, Москва и Казань находятся почти подъ одинаковою широтою (около 56° с. ш.), средняя годовая температура ихъ весьма различна: въ Эдинбургѣ $+6\frac{1}{2}°$, въ Москвѣ — $+1\frac{1}{2}°$, въ Казани — $+\frac{1}{2}°$. Почти также, но въ обратномъ, смыслѣ, существуетъ разница между средними температурами самыхъ жаркихъ мѣсяцевъ въ этихъ же мѣстнотяхъ, именно въ Эдинбургѣ $+12°$, въ Москвѣ $+14\frac{1}{2}°$, въ Казани $+14\frac{1}{2}°$, Разница между средними температурами самыхъ холодныхъ мѣсяцевъ еще больше, именно въ Эдинбургѣ $+2\frac{1}{2}°$, въ Москвѣ—$12\frac{1}{2}°$, въ Казани—17° Лондонъ и Нерчинскъ находятся почти подъ одною широтою; между тѣмъ средняя годовая температура въ первомъ $+8\frac{1}{2}$, во второмъ — 3°, средняя температура Января въ Лондонѣ — $+2\frac{1}{2}°$, въ Нерчинскѣ — $24\frac{1}{2}°$.

А. Ш.

ЛЕКЦІЯ VI.

Движеніе нагрѣтаго воздуха. Вѣтеръ. Верхній и нижній пассаты. Вліяніе обращенія земли около оси на направленіе вѣтровъ. Вліяніе водяныхъ паровъ на климатъ. Европа. Конденсаторъ западнаго атлантическаго океана. Дожди въ Ирландіи. Гольфстрэмъ. Образованіе снѣга. Образованіе льда изъ снѣга. Ледники. Явленія движенія ледниковъ. Замерзаніе. Формованіе льда посредствомъ давленія. Старые ледники.

Сегодня я намѣренъ разсмотрѣть нѣкоторыя физическія явленія, происходящія въ природѣ въ обширныхъ размѣрахъ. Сначала коснемся вѣтровъ. Передъ вами лампа, назначеніе которой — освѣщать комнату, когда она не освѣщается дневнымъ свѣтомъ; но она не только даетъ свѣтъ, а также производитъ вентиляцію. Воздухъ, нагрѣваясь ея пламенемъ, расширяется, подымается сильнымъ потокомъ вверхъ, въ вертикальномъ направленіи и вытекаетъ въ атмосферу. Такимъ образомъ воздухъ комнаты безпрерывно выходитъ наружу, вслѣдствіе чего наружный воздухъ долженъ входить, чтобы вознаградить потерю воздуха въ комнатѣ. Тяга въ трубахъ нашихъ печей есть ничто иное, какъ вертикальный вѣтеръ, происходящій отъ нагрѣванія воздуха огнемъ.

Зажигаю кусокъ бумаги и потомъ сдуваю пламя, такъ что только края бумаги дымятся. Около нихъ нагрѣвается воздухъ и производитъ вертикальное теченіе, которое уноситъ дымъ, подымающійся отъ бумаги. Теперь опускаю дымящуюся бумагу въ стеклянный сосудъ и закрываю его, чтобы задержать дымъ; онъ сначала подымается вертикально посрединѣ сосуда вмѣстѣ съ нагрѣтымъ легкимъ воздухомъ, потомъ вверху распространяется по сторонамъ и, охладившись, опускается въ видѣ дымнаго каскада вдоль стѣнокъ.

Вотъ тяжелая желѣзная пластинка, накаленная до красна; теченіе воздуха, подымающагося отъ нея, видѣть нельзя, но я вамъ покажу его

въ его дѣйствіи на сильный свѣтъ. Я помѣщаю пластинку въ лучахъ электрической лампы: тѣнь ея вы можете видѣть на экранѣ, и эти волнующіяся линіи свѣта и тѣни обозначаютъ струи разогрѣтаго воздуха, подымающагося отъ пластинки.

Вотъ еще опытъ. Въ желѣзную ложку кладу кусочекъ сѣры и нагрѣваю до тѣхъ поръ, пока она не воспламенится, потомъ опускаю сѣру въ банку съ кислородомъ: горѣніе и отдѣленіе пламени усиливается, и воздухъ въ банкѣ приходитъ въ сильное движеніе. Сѣрный дымъ позволяетъ наблюдать бури, происходящія въ банкѣ отъ раскаленія воздуха. Слово «бури» я употребилъ съ цѣлью, потому что ураганъ, опустошающій замлю, есть ничто иное, какъ то же самое явленіе, которое происходитъ въ банкѣ, только въ болѣе широкихъ размѣрахъ. Всѣ вѣтры происходятъ отъ дѣйствія солнечной теплоты. Мы живемъ на днѣ воздушнаго океана, черезъ который солнечные лучи проникаютъ совершенно свободно, не производя на него никакого дѣйствія. Но лучи эти нагрѣваютъ землю, и воздухъ, соприкасающійся съ ея поверхностью, отнимаетъ у нея часть теплоты, расширяется и подымается въ верхніе слои атмосферы. Между тропиками, гдѣ солнечные лучи падаютъ вертикально, поверхность земли нагрѣвается весьма сильно и нагрѣваетъ соприкасающійся съ нею воздухъ, который подымается вверхъ и раздѣляется на два потока, изъ которыхъ одинъ движется по направленію къ сѣверному полюсу, а другой къ южному; на мѣсто этого теплаго и легкаго воздуха притекаетъ къ экватору болѣе тяжелый воздухъ полярныхъ странъ. Такимъ образомъ происходитъ постоянное круговращеніе. Вчера я произвелъ слѣдующій опытъ въ теплой комнатѣ: я широко отворилъ дверь и помѣстилъ свѣчу въ средину прохода; пламя отъ свѣчи подымалось прямо. Потомъ я опустилъ свѣчу ниже, и пламя тотчасъ отклонилось внутрь комнаты; наконецъ, когда я помѣстилъ свѣчу вверху, пламя отклонилось къ наружи. Стало быть здѣзь происходитъ два воздушныхъ потока, или вѣтра, скользящіе одинъ надъ другимъ и движущіеся по противуположнымъ направленіямъ. Точно также въ нашемъ полушаріи мы имѣемъ два теченія, изъ которыхъ одно происходитъ по направленію отъ экватора къ полюсу въ верхнихъ слояхъ атмосферы, а другое отъ полюса къ экватору въ нижнихъ: — это верхній и нижній пассатные вѣтры.

Если бы земля была неподвижна, то эти два потока стремились бы прямо къ сѣверу и къ югу; но земля обращается около своей оси отъ Запада къ Востоку въ 24 часа, вслѣдствіе чего человѣкъ находящійся

подъ экваторомъ, движется вмѣстѣ съ землею со скоростію тысячи миль въ часъ. Вы конечно наблюдали, что происходитъ, когда кто-нибудь неосторожно выскочитъ изъ движущагося экипажа. Находясь въ немъ онъ пріобрѣтаетъ такую-же скорость и по тому-же направленію, по которому движется и экипажъ, и какъ только его ноги коснутся земли, его тотчасъ отброситъ въ сторону движенія экипажа. Вотъ почему прыжекъ съ вагона желѣзной дороги, когда поѣздъ на полномъ ходу, всегда почти бываетъ смертеленъ. По мѣрѣ того, какъ мы удаляемся отъ экватора, уменьшается и скорость обращенія землю около оси, и у полюсовъ становится равною нулю. Она пропорціальна радіусамъ параллельныхъ круговъ широты, и уменьшается пропорціонально уменьшенію величины этихъ круговъ. Представьте себѣ теперь, что человѣкъ перенесенъ отъ экватора въ мѣсто, гдѣ скорость обращенія земли равна только 900 милямъ въ часъ. Коснувшись земли, онъ будетъ отброшенъ по направленію къ востоку со скоростью сто миль въ часъ, — то есть равною разности между скоростью, съ какою онъ двигался, когда находился подъ экваторомъ, откуда онъ былъ перенесенъ, и скоростію движенія земной поверхности въ его новомъ мѣстопребываніи.

Тоже можно сказать и о перенесеніи воздуха изъ экваторіальныхъ въ сѣверныя страны и на оборотъ. Подъ экваторомъ воздуха по направленію отъ запада къ востоку имѣетъ скорость движенія земной поверхности въ этомъ мѣстѣ. Переходя въ другое мѣсто онъ долженъ повиноваться не только своему стремленію къ сѣверу, но также стремленію къ востоку; стало быть, онъ долженъ будетъ двигаться по направленію, опредѣляемому дѣйствіемъ этихъ двухъ силъ, то есть по направленію ихъ равнодѣйствующей: чѣмъ далѣе онъ подвигается къ сѣверу, тѣмъ болѣе становится разность между скоростью его обращенія около земной оси и скоростью той части земли, надъ которою онъ находится. При этомъ онъ все болѣе и болѣе отклоняется отъ своего сѣвернаго направленія, обращается къ востоку и становится тѣмъ, что мы называемъ юго-западнымъ вѣтромъ. Приближаясь къ полюсу, онъ становится все болѣе и болѣе западнымъ. Потокъ-же, движущійся отъ сѣвернаго полюса къ экватору, наоборотъ, переходитъ изъ мѣстъ, гдѣ движеніе отъ З. къ В. медленно, въ мѣста, гдѣ оно быстро. Онъ отстаетъ отъ земли, вслѣдствіе чего вѣтеръ, который при началѣ движенія былъ сѣвернымъ, дѣлается сѣверо-восточнымъ, а приближаясь къ экватору, все болѣе и болѣе переходитъ въ восточный. Въ существованіи верхняго атмосфернаго потока мы убѣждаемся не только по-

средствомъ одного разсужденія, хотя одно уже разсужденіе ясно показываетъ намъ, что замѣна непремѣнно должна происходить какимъ-бы то ни было образомъ, — что вѣтеръ не можетъ дуть по какому-бы то ни было направленію, безъ такого же перемѣщенія воздуха по направленію противуположному. Въ этомъ еще убѣждаетъ насъ и опытъ. Подъ тропиками иногда можно видѣть облака, движущіяся высоко въ атмосферѣ по направленію, противуположному постоянному вѣтру. Если бы мы могли бросить вверхъ какое-нибудь легкое тѣло, съ такою силою, чтобы оно прошло нижніе слои воздуха и достигло верхнихъ, то направленіе движенія этого тѣла показало бы направленіе вѣтра вверху.

Человѣкъ своими силами не могъ бы сдѣлать этого опыта, но тѣмъ не менѣе онъ былъ произведенъ. Волканы забрасывали золу за предѣлы нижняго потока, и по мѣсту, куда она потомъ падала, можно было заключить о направленіи вѣтра, занесшаго ее. Профессоръ Дове, въ своемъ «Witterungs Verhältnisse von Berlin», приводитъ слѣдующій примѣръ: «Въ ночь 30-го апрѣля въ Барбадосѣ послышался взрывъ, похожій на залпъ тяжелой артиллеріи, такъ что гарнизонъ крѣпости св. Анны всю ночь оставался подъ ружьемъ. На разсвѣтѣ 1-го мая только восточная сторона горизонта была свѣтла, остальная же часть небеснаго свода была покрыта черным облакомъ, которое скоро затянуло и востокъ, такъ что затмило солнечный свѣтъ и произвело такую густую темноту, что не видно было оконъ въ комнатахъ. Зола падала въ такомъ количествѣ, что вѣтви гнулись и ломались подъ ея тяжестью. Откуда-жъ явилась эта пыль? Судя по направленію вѣтра, можно было бы заключить, что она занесена съ Азорскаго Пика. Между тѣмъ она была выброшена Морнъ-Гору на островѣ св. Викентія, который лежитъ на 100 миль къ западу отъ Барбадоса. Пыль была заброшена въ область верхняго пассата. Второй подобнаго рода случай былъ въ январѣ 1835 года, 24 и 25-го, въ Ямайкѣ. Облако тонкой пыли затмило солнце; пыль была выброшена Козегвинскою горою, отстоящею на 800 миль. Эта пыль могла быть перенесена только верхнимъ теченіемъ, такъ какъ Ямайка лежитъ къ сѣверо-востоку отъ горы. Этотъ же случай можетъ служить превосходнымъ доказательствомъ тому, что восходящій воздушный потокъ раздѣляется вверху, ибо пыль падала на корабль Конвей, находившійся въ Тихомъ океанѣ, въ 700 миляхъ къ Ю.-В. отъ Козегвинской горы.

« Ни одинъ еще изъ путешественниковъ, подымавшихся на высочайшія вершины Андовъ, не достигъ области верхняго пассата. Изъ этого

можно себѣ составить нѣкоторое понятіе о силѣ взрывовъ. И дѣйствительно, они были страшны въ обоихъ случаяхъ. Гулъ, произведенный Козегвиною, былъ слышенъ въ Санъ-Сальвадорѣ, то есть на разстояніи 1000 миль. Въ Юнайонѣ, гавани на западномъ берегу Кончагвы, была совершенная темнота въ продолженіи 43 часовъ. Когда начало разсвѣтать, оказалось, что масса выпавшей пыли отодвинула морской берегъ на 800 футовъ въ море. Изверженіе Морнъ-Гару составляетъ послѣднее звѣно въ длинной цѣпи сильныхъ вулканическихъ дѣйствій. Въ іюнѣ и іюлѣ 1811 года, недалеко отъ С. Мигеля, одного изъ Азорскихъ островов, со дна моря въ 150 футовъ глубиною, поднялся островъ Сабрина, имѣющій одну милю въ окружности и возвышающійся на 300 футовъ надъ поверхностью моря. Послѣ этого произошло землетрясеніе на малыхъ Антильскихъ островахъ, а потомъ въ долинахъ Миссисипи, Арканзасѣ и Огіо. Сила подземныхъ ударовъ не нашла себѣ выхода; она искала его на сѣверной сторонѣ Колумбіи. 26-го марта въ Караккассѣ было чрезвычайно жарко; воздухъ былъ чистъ и небо безоблачно. Былъ Свѣтлый четвергъ, и полкъ линейныхъ войскъ стоялъ подъ оружіемъ, въ казармахъ квартала Санъ-Карлоса, готовый присоединиться къ процессіи. Народъ валилъ въ церковь. Въ это время послышался громкій подземный гулъ, и затѣмъ послѣдовало такое сильное землетрясеніе, что церковь Альта-Граціи, 150 футовъ вышиною, поддерживаемая устоями въ 15 футовъ толщины, превратилась въ кучу мусора, вышиною не болѣе шести футовъ. Вечеромъ почти полная луна глядѣла кротко на развалины города, подъ которыми было погребено болѣе 10,000 тѣлъ его жителей. Но и здѣсь подземная сила не нашла себѣ выхода. Наконецъ ей удалось открыть кратеръ Морнъ-Гару, который оставался закрытымъ цѣлое столѣтіе, и оглушительные выстрѣлы освобождающагося плѣнника раздавались на пространствѣ, равномъ разстоянію отъ Везувія до Парижа».

Если на земномъ глобусѣ провести два меридіана, разстояніе между которыми на экваторѣ нашего глобуса составляетъ дугу въ 1 футъ, которая равна 1000 милямъ на земной поверхности, то эти меридіаны, по направленію къ сѣверу, постепенно приближаются одинъ къ другому и наконецъ у полюса совершенно сходятся. Ясно, что воздухъ, который подымается между этими двумя меридіанами у экватора, если вѣтеръ дуетъ по направленію къ сѣверу, долженъ занимать все болѣе и болѣе узкое ложе. Еслибъ земля была цилиндръ а не сфероидъ, то круговращеніе совершалось бы отъ средины цилиндра къ его концамъ и наобо-

ротъ. Но такъ какъ земля не есть цилиндръ, такъ какъ пространство около полюсовъ не можетъ вмѣстить всего экваторіальнаго воздуха, то такое круговращеніе не возможно. Экваторіальный воздухъ, охладившись, опускается и начинаетъ обратное теченіе, недостигши полюсовъ; и это происходитъ болѣе или менѣе неправильно. Сверхъ, того два потока часто текутъ одинъ возлѣ другого, вмѣсто того, чтобы течь одинъ надъ другимъ. Они составляютъ воздушныя рѣки, которыя безпрестанно перемѣняютъ свои русла.

Это большіе вѣтры нашей атмосферы, которые значительно ослабляются вслѣдствіе неправильнаго распредѣленія воды и суши.

Кромѣ этихъ вѣтровъ, есть еще менѣе значительные вѣтры, происходящіе отъ мѣстнаго дѣйствія жара, холода и испареній. Такъ, есть вѣтры, происходящія отъ нагрѣванія воздуха въ Альпійскихъ долинахъ, которые иногда появляются внезапно и дуютъ съ горъ съ разрушительною силою въ горныхъ ущельяхъ; кромѣ того, съ горъ дуютъ болѣе тихіе вѣтры, производимые ледниками, лежащими на высотахъ. Есть еще морскіе и континентальные вѣтры, происходящіе на берегу моря отъ перемѣны температуры днемъ и ночью. Утреннее солнце, нагрѣвая землю, поднимаетъ воздухъ вверхъ, вслѣдствіе чего воздухъ движется съ моря на континентъ. Вечеромъ же, чрезъ лучеиспусканіе, земля охлаждается быстрѣе, чѣмъ море, и потому, наоборотъ, болѣе тяжелый воздухъ континента течетъ къ морю. И такъ, часть тропическаго жара воздушною почтою пересылается къ полюсамъ, чѣмъ обезпечивается болѣе равномѣрное распредѣленіе теплоты на землѣ. Но, въ своемъ теченіи на сѣверъ, воздухъ сопровождается другимъ веществомъ — водяными парами, которые, какъ вамъ извѣстно, совершенно прозрачны. Представьте себѣ, что отъ океана, находящаго подъ жгучимъ тропическимъ солнцемъ, подымаются пары, которые своею легкостью способствуютъ подыманію вверхъ воздуха, къ которому они примѣшались. Поднимаясь, они расширяются такъ, что на высотѣ 16000 футовъ воздухъ и пары имѣютъ вдвое бóльшій объемъ, чѣмъ они имѣли на поверхности моря. Слѣдовательно, чтобы занять нужное для нихъ пространство, они должны вытѣснить окружающій ихъ воздухъ во всѣхъ направленіяхъ, они должны произвести дѣйствіе, которое можетъ совершиться только на счетъ заключающейся въ нихъ теплоты. Охлажденные такимъ образомъ пары не могутъ болѣе оставаться въ газообразномъ состояніи. Они скопляются въ облака, которыя падаютъ въ видѣ дождя; и въ полосѣ безвѣтрія, или въ той, въ которой солнце находится прямо

надъ головою, гдѣ воздухъ впервые освобождается отъ скопившейся въ немъ влаги, количество выпадающаго дождя постоянно велико.

Положеніе солнца относительно земли въ теченіи года измѣняется: отъ экватора оно отклоняется то къ сѣверу, то къ югу, и тропики составляютъ предѣлы его сѣверныхъ и южныхъ отклоненій. Когда оно находится къ югу отъ экватора, то поверхность земли къ сѣверу отъ него находится уже не въ области безвѣтрія, а въ области, чрезъ которую воздушный потокъ течетъ съ сѣвера въ область безвѣтрія. Передвигающійся воздухъ заключаетъ въ себѣ очень мало водяныхъ паровъ. На своемъ пути отъ сѣвера къ югу онъ становится теплѣе и суше, потому что чѣмъ теплѣе воздухъ, тѣмъ больше нужно паровъ для того, чтобы сдѣлать его сырымъ. По мѣрѣ приближенія къ экватору увеличивается сухость воздуха, а слѣдовательно и способность его растворять пары воды и такимъ образомъ препятствовать образованію облаковъ. Изъ сказаннаго ясно, что всякое мѣсто между тропиками должно имѣть свое дождливое и сухое время года: сухое, когда солнце на противоположной сторонѣ экватора и — дождливое, когда оно надъ головою.

Между тѣмъ верхній потокъ, который начинается у экватора и течетъ къ полюсамъ, постепенно охлаждаясь и сгущаясь, опускается. На Тенерифскомъ Пикѣ онъ уже опустился ниже вершины горъ, такъ что у подошвы и на вершинѣ его дуютъ противуположные вѣтры; верхній потокъ направляется отъ экватора. Дальше, къ сѣверу, экваторіальный вѣтеръ еще больше понижается и наконецъ совершенно достигаетъ земной поверхности. Почти вся Европа находится подъ этимъ теплымъ потокомъ. Въ Лондонѣ въ продолженіи восьми мѣсяцевъ преобладаетъ Юго-Западный вѣтеръ. Не трудно опредѣлить, какое вліяніе это должно имѣть на климатъ. Притекающій къ намъ воздухъ содержитъ пары въ большомъ количествѣ; пары же эти обладаютъ большею потенціальною напряженностью: частицы ихъ отдѣлены одна отъ другой, и слѣдовательно имѣютъ возможность сталкиваться и производить при этомъ теплоту; они заключаютъ въ себѣ, если хотите, скрытую теплоту. Это столкновеніе происходитъ въ нашей сѣверной атмосферѣ, и развивающаяся при этомъ теплота составляетъ обильный источникъ нагрѣванія для нашего климата. Еслибъ земля не обращалась, то надъ нами бы дулъ сухой и знойный африканскій вѣтеръ; но благодаря обращенію земли, вѣтеръ, который изъ Мексиканскаго залива дуетъ къ сѣверу, отклоняется по направленію къ Европѣ. Европа, стало быть, пользуется тѣмъ запасомъ скрытой теплоты, который собранъ въ западномъ Атлан-

тическомъ океанѣ. На Британскіе острова приходится большая часть этой влаги и теплоты, и это обстоятельство вмѣстѣ съ тѣмъ, на которое я уже указывалъ, а именно большая теплоемкость воды предохраняетъ нашъ климатъ отъ крайностей. Этому условію наши поля обязаны своею зеленью, и наши дѣвушки румянцемъ своихъ щекъ. Вся эта прелесть и эта поэзія зависятъ непосредственно отъ водяныхъ паровъ (*).

По направленію къ востоку Европы количество выпадающаго дождя становится все меньше и меньше, воздухъ все суше и суше. Даже между восточнымъ и западнымъ берегомъ нашего острова разница чувствительна; впрочемъ и мѣстныя причины имѣютъ также сильное вліяніе на количество выпадающаго дождя. Докторъ Ллойдъ нашелъ, что на одинаковой высотѣ и подъ одинаковою широтою, средняя годичная температура западнаго берега Ирландіи почти двумя градусами выше средней годичной температуры восточнаго берега. Слѣдующая таблица представляетъ количество всего дождя, выпавшаго въ 1851 году въ различныхъ мѣстностяхъ Ирландіи.

Мѣстность.	Количество дождя въ дюймахъ.
Портарлингтонъ	21,2.
Киллау	23,2.
Дублинъ	26,4.
Аты	26,7.
Донагади	27,9.
Кортаунъ	29,6.
Кильрёшъ	32,6.
Арма	33,1.
Киллинбегсъ	33,2.
Дэнморъ	33,5.
Портрешъ	37,2.
Буринкрана	32,3.
Маркри	40,3.
Кастэльтаунсендъ	42,5.
Уэстпортъ	45,9.
Кагирсивинъ	59,4.

Относительно этой таблицы докторъ Ллойдъ замѣчаетъ

1) «Что есть большая разница между количествомъ дождя, выпадаю-

(*) Ихъ отношеніе къ лучистой теплотѣ развито въ XI-й лекціи.

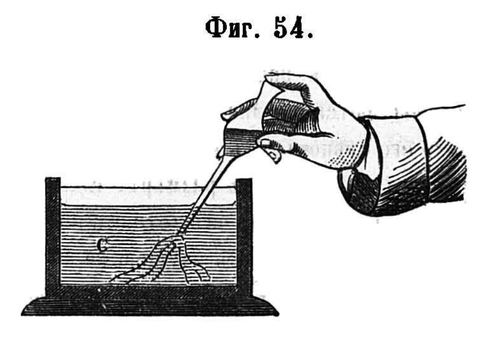
щаго въ годъ въ различныхъ мѣстностяхъ, которыя всѣ (исключая четырехъ) на нѣсколько футовъ выше поверхности моря; такъ какъ наибольшее количество дождя въ Ирландіи (въ Кагирсивинѣ), почти въ три раза больше количества наименьшаго (въ Портарлингтонѣ).

2) Что мѣстности, въ которыхъ выпадаетъ дождя наименѣе, находятся или въ срединѣ острова, или на восточномъ берегу, а тѣ, въ которыхъ выпадаютъ наиболѣе — ближе къ западному берегу.

3) Что количество выпадающаго дождя очень много зависитъ отъ положенія мѣстности возлѣ группы, или цѣпи горъ, и оно всегда больше вблизи горъ, если только мѣстности не лежатъ на сѣверо-востокѣ отъ горъ. Такъ, Портарлингтонъ лежитъ къ сѣверо-востоку отъ Сливблума; Киллофъ (Killough) къ С.-В. отъ морской цѣпи, Дублинъ къ С.-В. отъ Уиклоуской цѣпи и т. д. Съ другой стороны, мѣстности, въ которыхъ количество выпадающаго дождя наибольшее, какъ Кагирсивинъ, Кастельтаунсэндъ, Уэстпортъ и пр., лежатъ по сосѣдству съ высокими горами, только съ противоположной стороны (*)».

Это распредѣленіе теплоты вслѣдствіе перенесенія нагрѣтаго воздуха изъ одного мѣста въ другое называется *конвекціей* въ отличіе отъ проводимости теплоты, о которой будемъ говорить въ слѣдующей лекціи. Подобнымъ же образомъ теплота распредѣляется и въ жидкостяхъ. Стеклянный сосудъ, содержащій теплую воду, ставлю передъ электрическою лампою и, посредствомъ выпуклыхъ стеколъ, получаю увеличенное изображеніе сосуда на экранѣ. Конецъ трубки, содержащей теплую воду, вставляю въ воду сосуда (фиг. 54), и осторожно впускаю въ теплую воду нѣсколько холодной. Разница между преломленіемъ лучей холодною и теплою водою позволяетъ видѣть, что тяжелая холодная вода падаетъ на дно сосуда.

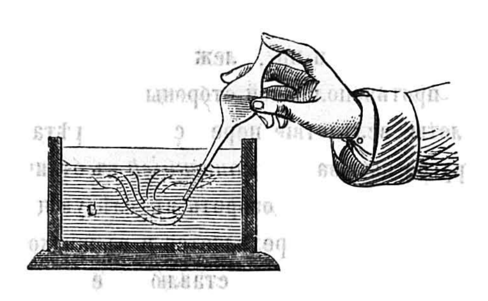
Фиг. 54.



(*) Наибольшее количество выпадающаго дождя въ годъ, упоминаемое сэромъ Джономъ Гершелемъ въ его таблицѣ (Meteorology), встрѣчается въ Черра Пунджи, гдѣ оно равно 592 дюймамъ. Я не намѣренъ вдаваться далеко въ Метеорологію, потому что читатель въ превосходныхъ сочиненіяхъ сэра Джона Гершеля и профессора Дове можетъ почерпнуть самыя точныя свѣдѣнія объ этомъ предметѣ.

Опытъ удается еще лучше, когда я положу въ воду кусокъ льда: онъ будетъ плавать на поверхности, и растаивая, посылать тяжелыя струи на дно сосуда. Вы видите, какъ эти струи холодной воды, происходящія отъ таянія плавающаго на поверхности льда, проникаютъ черезъ теплую веду и опускаются внизъ. Теперь, на оборотъ, наливаю въ сосудъ холодной воды, а въ трубку теплой: Здѣсь необходима предосторожность, чтобы теплая вода не выходила изъ трубочки съ большою силою, потому что въ такомъ случаѣ она падала бы на дно, вслѣдствіе пріобрѣтенной скорости. Теплая вода, выливающаяся изъ трубки, тотчасъ поднимается вверхъ (Фиг 55), и плаваетъ поверхъ холодной воды, также точно, какъ плавало бы масло при такихъ обстоятельствахъ.

Фиг 55.



Если сосудъ, содержащій воду, нагрѣвать снизу, то сообщенная этимъ теплота распредѣляется такъ, что теплая вода подымается вверхъ, а вмѣсто ея на дно опускается холодная вода. Съ помощью электрической лампы вы можете видѣть направленіе подымающихся теплыхъ струекъ и опускающихся на дно холодныхъ, чтобы занять мѣсто первыхъ, болѣе легкихъ Вотъ сосудъ, содержащій кошениль, частички которой будучи только немного тяжелѣе воды свободно слѣдуютъ направленію струекъ. Вы видите, что частички кошенили подымаются со дна на срединѣ сосуда, а опускаются обратно на дно около его стѣнокъ. Въ Гейзерѣ, на островѣ Исландіи, эта конвекція происходитъ въ большомъ размѣрѣ. Если бросить кусочекъ бумаги въ средину такого сосуда, то онъ тотчасъ подплыветъ къ краю и потомъ опустится внизъ вмѣстѣ съ идущею ко дну холодною водою. Частію по этой причинѣ, но, можетъ быть, главнымъ образомъ отъ дѣйствія вѣтровъ, происходятъ въ океанѣ теченія, рыя имѣютъ большое вліяніе на климатъ тѣмъ, что они распредѣляютъ теплоту. Самое замѣчательное изъ этихъ теченій и наиболѣе важное для насъ, есть такъ называемый Гольфстрэмъ, который течетъ отъ экваторіальныхъ странъ черезъ весь Атлантическій океанъ, потомъ проходитъ чрезъ Мексиканскій заливъ, отъ котораго получаетъ свое названіе Вытекая изъ Флоридскаго пролива, онъ имѣетъ температуру

83^0 F. Оттуда онъ течетъ вдоль берега Америки до мыса Фира, потомъ черезъ Атлантическій океанъ, по направленію къ С.-З., и наконецъ омываетъ берега Ирландіи и сѣверо-западные берега Европы вообще. Какъ и слѣдуетъ ожидать, вліяніе этой массы теплой воды особенно замѣтно во время нашей зимы. Теплота, заключающаяся въ немъ, совершенно сглаживаетъ разницу между температурами сѣверной и южной Англіи, какой слѣдовало бы ожидать вслѣдствіе разности широтъ; на пути отъ Британскаго канала до Шотландскихъ острововъ, путешественникъ въ январѣ встрѣчаетъ вездѣ одинаковую температуру. Изотермическая линія идетъ по направленію отъ сѣвера къ югу. Присутствіе этой воды дѣлаетъ климатъ западнаго берега Европы совершенно отличнымъ отъ климата противуположнаго берега Америки. Гудзонова рѣка напримѣръ, находящаяся подъ однимъ градусомъ широты съ Римомъ. замерзаетъ на три мѣсяца въ году. Отправляясь въ январѣ изъ Бостона, обогнувъ островъ св. Іоанна и приплывъ въ Исландію, путешественникъ находитъ во всѣхъ этихъ мѣстностяхъ одинаковую температуру. Гавань Гаммерфестъ имѣетъ огромное значеніе, потому что она круглый годъ чиста ото льда и этимъ она обязана Гольфстрэму, который омываетъ Нордъ-Капъ и такимъ образомъ умѣряетъ его климатъ. И такъ, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, плывя на сѣверъ, вы входите въ болѣе теплыя страны. Эта противуположность между сѣвернымъ берегомъ Европы и восточнымъ Америки, подала Галлею поводъ къ догадкамъ, что сѣверный полюсъ перемѣнилъ свое положеніе, что онъ прежде находился нѣсколько ближе къ Берингову проливу, и что сильный холодъ, замѣчаемый въ этихъ мѣстностяхъ, есть холодъ прежняго полюса, не успѣвшій еще смягчиться послѣ того, какъ ось перемѣнила свое направленіе. Теперь же мы знаемъ, что Гольфстрэмъ и распредѣленіе теплоты вѣтрами и парами суть настоящія причины мягкости Европейскаго климата. На западномъ берегу Америки, между скалистыми горами и океаномъ, мы находимъ европейскій климатъ.

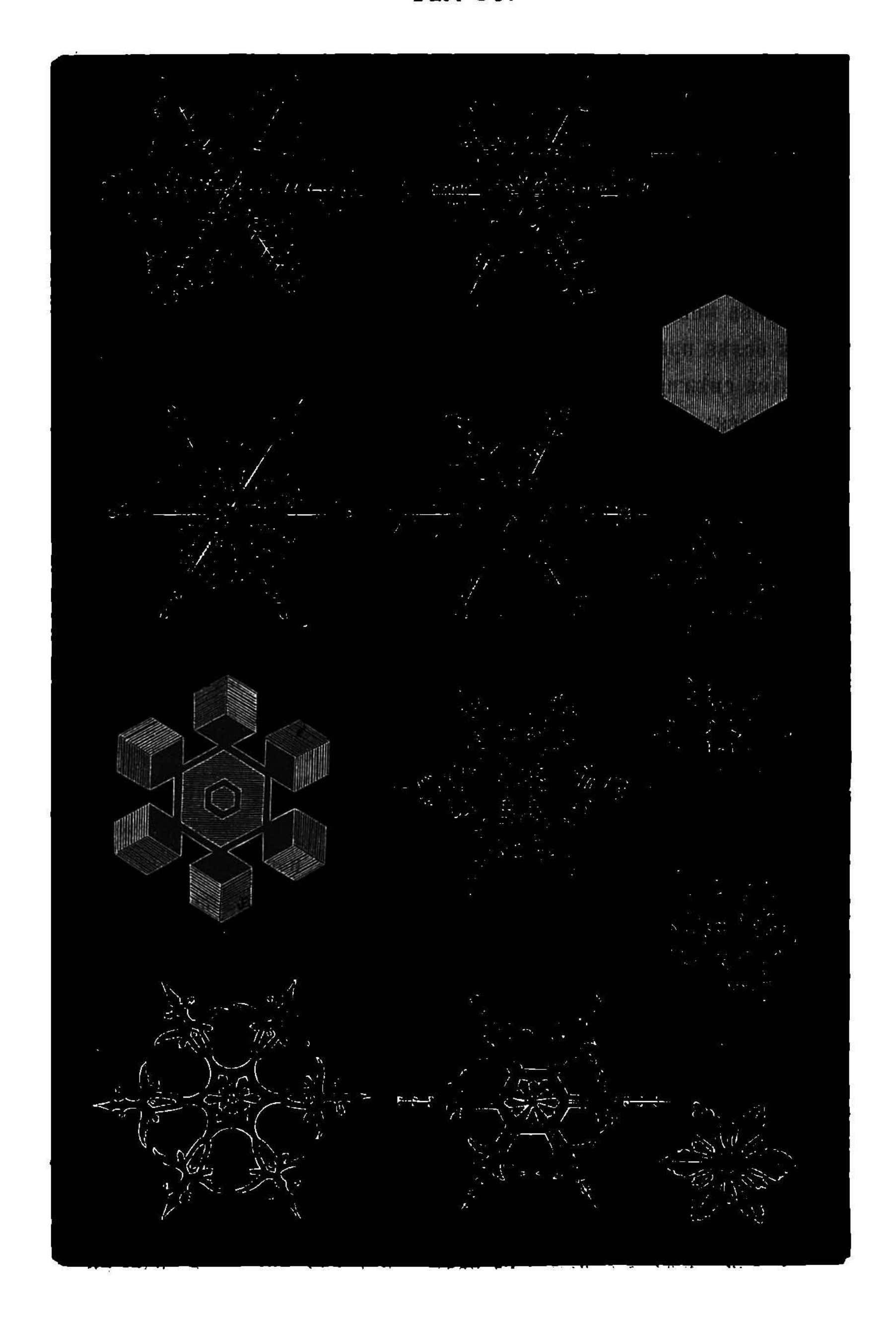
И такъ, Европа есть конденсаторъ (сгуститель) Атлантическаго океана, а горы — главные конденсаторы Европы. На тѣхъ изъ нихъ, которыя достаточно высоки, сгущенные пары осаждаются не въ жидкой, а въ твердой формѣ. Прослѣдимъ эту воду во всѣхъ ея послѣдовательныхъ переходахъ.

Облака плаваютъ въ воздухѣ; отсюда предположеніе, что они состоятъ изъ водяныхъ пузырьковъ, состоящихъ какъ бы изъ водяной коры, а не изъ водяныхъ шариковъ. Знаменитые ученые говорятъ, что

они видѣли эти пузырьки, и ихъ слова заслуживаютъ полнаго довѣрія. Извѣстно, впрочемъ, что водяныя частички на значительной высотѣ, во время, или послѣ сгущенія въ облака, обладаютъ способностью кристаллизоваться; при этомъ дѣйствуютъ уже разсмотрѣнныя нами молекулярныя силы, которымъ нельзя приписать образованія пузырьковъ. Снѣгъ, хорошо сформировавшійся, не есть неправильное соединеніе частицъ льда. Въ тихой атмосферѣ водяные атомы располагаются такъ, что образуютъ самыя изящныя фигуры. Вы видѣли шестилепестковые цвѣтки, образующіеся въ кускѣ льда, когда черезъ него пропустить лучь теплоты. Снѣжные кристаллы, сформировавшіеся въ тихой атмосферѣ, построены по тому же образцу: частицы расположены такъ, что образуютъ шестиугольныя звѣзды. Изъ центральнаго ядра выростаетъ шесть отростковъ, изъ которыхъ каждые два наклонены подъ угломъ въ 60°. На этихъ главныхъ отросткахъ съ обѣихъ сторонъ находятся меньшіе отростки, образующіе съ главными такіе же углы, отъ этихъ — еще меньшіе и подъ тѣмъ же самымъ угломъ. Звѣздочки отличаются удивительнымъ разнообразіемъ формъ и чрезвычайно нѣжнымъ строеніемъ; къ ихъ угламъ часто прикрѣпляются другіе розанчики меньшей величины. На каждомъ шагу являются новыя красоты, какъ будто природа находитъ особенное удовольствіе даже въ самыхъ тѣсныхъ предѣлахъ высказывать богатство своихъ средствъ (Фиг. 56).

Изъ такихъ замерзшихъ цвѣтковъ состоятъ снѣга горъ; они покрываютъ вершины Альпъ. Всякую зиму они падаютъ, и всякое лѣто исчезаютъ; но эти попеременныя дѣйствія не совсѣмъ уравновѣшиваются. Ниже извѣстной линіи преобладаетъ теплота, и снѣгъ, падающій зимою, лѣтомъ таетъ весь; выше этой линіи преобладаетъ холодъ, а потому снѣгу падаетъ больше, чѣмъ растаиваетъ, и годичный излишекъ остается. Зимою снѣгъ достигаетъ долинъ, лѣтомъ онъ удаляется за *снѣжную линію*, — то есть линію, гдѣ количество выпадающаго ежегодно снѣга уравновѣшивается количествомъ тающаго. За этою линіею лежитъ область вѣчныхъ снѣговъ. Но такъ какъ за снѣжной линіей всякій годъ остается излишекъ, то горы должны быть отягощены бременемъ, которое съ каждымъ годомъ увеличивается. Предположимъ, что въ какой нибудь точкѣ за снѣжною линіей къ массѣ снѣга ежегодно прибавляется слой въ 3 фута; изъ этого осадка, даже въ короткій періодъ христіанской эры, составился бы слой снѣга вышиною въ 5580 ф., и еслибъ снѣгъ продолжалъ скопляться черезъ всѣ геологическіе періоды, то онъ бы достигъ теперь невообразимой высоты. Очевидно,

Фиг. 56.



что такого скопленія не происходитъ; количество снѣга на горахъ такимъ образомъ не увеличивается. По той, или другой причинѣ солнце не смѣетъ подымать воды изъ океана и скоплять ихъ на высотахъ. Какимъ же образомъ горы освобождаются отъ ежегодно увеличивающагося бремени? Снѣгъ иногда отрывается, и въ видѣ лавинъ падаетъ по скатамъ горъ внизъ, гдѣ они, отъ дѣйствія теплаго воздуха, таютъ и превращаются въ воду. Но стремительное паденіе лавинъ не есть единственное средство движенія снѣга внизъ; онъ также почти нечувствительно спускается по скату горъ. Сверхъ того, такъ какъ слой налегаетъ на слой, то нижняя часть массы дѣлается сжатою и твердою; воздухъ, заключавшійся между снѣжинками, вытѣсняется и сплоченная масса все болѣе и болѣе принимаетъ характеръ льда. Вы знаете, какъ плотно сжимаются снѣжинки въ снѣжкѣ; снѣжокъ есть кусокъ льда еще не образовавшагося; увеличьте давленіе, и онъ обратится въ кусокъ настоящаго льда. Но даже и тогда, когда онъ достигъ достаточной плотности, чтобы заслужить названіе льда, онъ еще можетъ, какъ и снѣгъ, болѣе или менѣе уступать давленію. Поэтому, когда на земной поверхности находится довольно толстый слой снѣга, то нижніе слои сдавливаются верхними, и если снѣгъ лежитъ на скатѣ горы, то онъ уступаетъ давленію по направленію покатости и подвигается внизъ.

Это движеніе безпрерывно совершается на скатахъ каждой покрытой снѣгомъ горы — на Гималаяхъ, Андахъ, Альпахъ; къ этому движенію, зависящему отъ свойства вещества уступать давленію, прибавляется еще скользящее движеніе по наклонной плоскости. Сплоченный снѣгъ движется всею массою по скату горы, стирая неровности скалъ и полируя ихъ шероховатую поверхность; поэтому нижняя поверхность этого могущественнаго полировщика исцарапана и изборождена скалами, по которымъ онъ проходилъ. Сплоченный снѣгъ, спускаясь въ болѣе теплую область, обильно таетъ и иногда исчезаетъ весь, прежде чѣмъ достигнетъ подошвы. Но иногда ледяная масса опускается въ обширныя и глубокія долины; здѣсь ледъ продолжаетъ сплачиваться и двигаться медленно, но равномѣрно, подражая въ своемъ движеніи теченію рѣки. Такимъ образомъ ледъ заносится далеко за предѣлы вѣчныхъ снѣговъ, пока наконецъ убыль его внизу не уравновѣситъ прибыль сверху; въ этой точкѣ прекращаются ледники. Ниже снѣжной линіи, лѣтомъ мы имѣемъ ледъ, за снѣжною же линіею на поверхности всегда снѣгъ, какъ лѣтомъ, такъ и зимою. Та часть, которая ниже снѣжной линіи, называется ледникомъ, ту же, которая находится выше снѣжной линіи,

назовемъ снѣжникомъ (névé). И такъ, снѣжникъ доставляетъ пищу леднику.

Когда нѣсколько долинъ, заваленныхъ такимъ образомъ, соединяются въ одну, то второстепенные ледники, соединяясь, образуютъ одинъ главный. Какъ главныя, такъ и второстепенныя долины часто бываютъ извилисты. Ширина долинъ также часто мѣняется; ледникъ, проходя черезъ узкое ущелье, расширяетъ его. Центръ ледника движется скорѣе, чѣмъ края, и поверхность быстрѣе основанія. Точка самаго быстраго движенія слѣдуетъ тѣмъ же законамъ, какіе наблюдаются при теченіи рѣкъ, то есть, она приближается то къ одному краю, то къ другому, смотря по тому, въ которую сторону изгибается долина (*). Большая часть большихъ Альпійскихъ ледниковъ имѣютъ центральную скорость 2 футовъ въ день. На Меръ-де-Гласъ, противъ Монтенверта, есть точки, имѣющія скорость 13 дюймовъ въ день лѣтомъ, зимою же движеніе ихъ вдвое медленнѣе.

Способность льда приспособляться къ руслу, въ которомъ онъ движется, дала поводъ нѣкоторымъ знаменитымъ ученымъ предполагать, что онъ липокъ подобно воску; и явленія на первый взглядъ повидимому подтверждаютъ это предположеніе. Ледникъ расширяется, изгибается и съуживается, и его центръ движется быстрѣе краевъ; съ липкою массою, безъ сомнѣнія, будетъ происходить тоже самое. Но самые тщательные опыты надъ способностью льда уступать давленію и расплываться подобно патокѣ, меду или смолѣ, не привели къ ожидаемому результату Есть ли какое нибудь другое физическое свойство, которому можно бы приписать способность приспособленія, отличающую ледъ.

Мы постепенно приблизимся къ этому предмету. Вы знаете, что пары постоянно подымаются къ свободной поверхности жидкости; что частицы, находящіяся на поверхности жидкости, легче могутъ превращаться въ газъ, чѣмъ тѣ, которыя находятся внутри жидкости. Естественно ожидать, что и со льдомъ происходитъ тоже; что, если температура массы льда увеличивается равномѣрно, то частицы его, находящіяся на поверхности, имѣютъ прежде возможность превращаться въ воду, потому что здѣсь они совсѣмъ свободны отъ контролирующаго дѣйствія окружающихъ частицъ. Положимъ, что два куска льда нагрѣты

(*) О данныхъ, на которыхъ основанъ этотъ законъ, см. въ Приложеніи къ этой лекціи.

равномѣрно до 32° и таютъ на поверхности при этой температурѣ; что произойдетъ, если мы ихъ соединимъ вмѣстѣ тающими поверхностями? Этимъ мы какъ бы переносимъ внутрь поверхность льда, гдѣ движеніе каждой частицы контролируется окружающими ее частицами. Какъ и слѣдуетъ ожидать, въ каждой точкѣ, гдѣ поверхности соприкасаются, прекращается свобода превращаться въ жидкость, и два куска смерзаются въ этихъ точкахъ. Сдѣлаемъ опытъ вотъ два куска льда. Гладкими поверхностями прикладывая ихъ одинъ къ другому, они не болѣе, какъ черезъ полминуты, смерзаются, такъ что взявшись за одинъ изъ нихъ, можно поднять оба.

На этотъ фактъ впервые обратилъ вниманіе Фарадей въ 1850 году, и теперь онъ извѣстенъ подъ именемъ *перезамерзанія* (régélation). Въ жаркій лѣтній день я вошелъ въ лавку, въ которой на окнѣ стояли въ чашкѣ куски льда; съ позволенія лавочника я взялся за верхній кусокъ и, посредствомъ его, вынулъ изъ сосуда всѣ вмѣстѣ. Хотя термометръ въ это время показывалъ 80°, куски льда смерзлись въ точкахъ ихъ соединенія. Это происходитъ даже въ теплой водѣ; въ чашку воды, нагрѣтой до такой степени, что моя рука едва можетъ выдержать, опускаю два куска льда и держу ихъ вмѣстѣ; не смотря на присутствіе теплой жидкости, они смерзнутся. Прекрасный опытъ Фарадея состоитъ въ слѣдующемъ: Нѣсколько маленькихъ кусочковъ льда онъ кладетъ въ сосудъ съ водою, въ которомъ бы они могли плавать. Какъ только одинъ кусочекъ встрѣтится съ другимъ, хотя бы въ одной только точкѣ, перезамерзаніе происходитъ мгновенно. Такимъ образомъ цѣлый рядъ кусочковъ можно заставить встрѣтиться, и когда они прикоснутся другъ къ другу, то, взявшись за одинъ изъ нихъ, вы можете вытянуть всѣ. Если мы станемъ гнуть соединенные такимъ образомъ два куска, то они разламываются съ точки соединенія, но въ тоже мгновеніе соприкасаются въ другихъ точкахъ, и между ними происходитъ перезамерзаніе Такимъ образомъ можно заставить ледяное колесо катиться съ шумомъ по ледяной поверхности, потому что постоянно будетъ происходить разламываніе и вслѣдъ за тѣмъ перезамерзаніе. Вслѣдствіе этого свойства перезамерзанія, ледъ имѣетъ способность производить явленія, обыкновенно приписываемыя липкимъ тѣламъ (*).

Вотъ полоса льда, вставляя ее послѣдовательно въ нѣсколько формъ,

---

(*) Смотри въ прибавленіи къ этой лекціи.

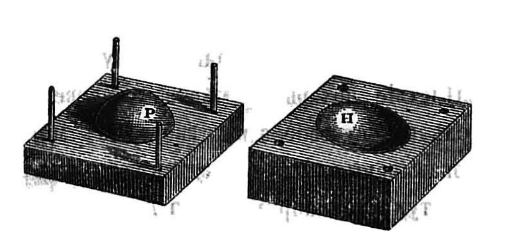
кривизна которыхъ постепенно увеличивается, я могу подъ конецъ превратить эту полоску въ полукругъ.

Прямая полоса, сдавленная въ кривой формѣ, разламывается; но если продолжать давленіе, то новыя поверхности соприкасаются и масса опять дѣлается сплошною. Беру горсть мелкихъ кусочковъ льда и сжимаю ихъ; они смерзаются въ точкахъ прикосновенія и образуютъ сплошную массу. Дѣленіе снѣжинокъ, какъ замѣчаетъ Фарадей, обнаруживаетъ тоже свойство льда. Чтобы смерзнуться, снѣгъ долженъ имѣть 32° и быть влажнымъ. Когда же онъ имѣетъ менѣе 32° и сухъ, то, будучи сжатъ, онъ разсыпается, какъ соль. Переходъ черезъ снѣжные мосты въ древнихъ областяхъ швейцарскихъ ледниковъ часто возможенъ единственно вслѣдствіе перезамерзанія снѣжинокъ. Путешественникъ, осторожно ступая по массѣ, заставляетъ частицы ея смерзаться: такимъ образомъ онъ ступаетъ по твердой почвѣ, что было бы совершенно невозможно безъ перемерзанія. Для человѣка непривычнаго такой переходъ черезъ снѣжный мостъ, перекинутый надъ пропастью, въ 100 и болѣе футовъ глубиною, долженъ показаться ужаснымъ.

Если продолжать сжимать массу ледяныхъ кусочковъ, то ихъ можно заставить сблизиться еще больше. Но въ рукѣ ихъ нельзя сжать очень сильно. Я кладу ихъ въ углубленіе, выдолбленное въ деревянныхъ дощечькахъ, и ставлю подъ небольшой гидравлическій прессъ, посредствомъ котораго сильно вдавливаю массу въ форму. Получится сплошной кусокъ льда, Теперь кладу его въ чечевицеобразную форму и опять сдавливаю. Сначала, отъ давленія онъ поломается въ куски, но потомъ, вслѣдствіе новыхъ соприкосновеній, соединится въ сплошную массу, и мы получимъ выпуклое стекло изъ льда.

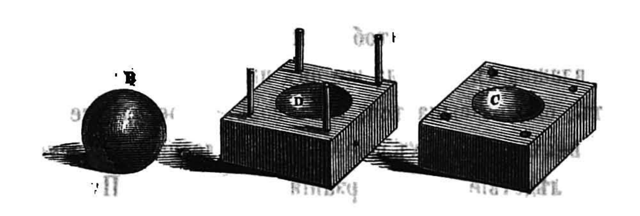
Теперь перекладываю его въ полушараобразное углубленіе H (фиг. 57), и накрываю полушарообразною выпуклостью, которая бы несовсѣмъ наполняла углубленіе. Сдавливаю массу между этими двумя сферическими поверхностями, осторожно вынимаю ее изъ формы, и получаю настоящую полушаровую чашку, которую могу наполнить холоднымъ хересомъ—и ни одна капля не просочится сквозь ея стѣнки. Подобнымъ

Фиг. 57.



же образомъ изъ снѣга или наскобленнаго льда можно, между двумя полушаровыми впадинами, образовать совершенно прозрачный ледяной шаръ. Такимъ образомъ вы видите, что поломанный ледъ можетъ посредствомъ давленія, опять быть сплоченъ, и вслѣдствіе способности

Фиг. 58.



перезамерзанія, которая связываетъ соприкасающіяся поверхности, вещество можетъ принять какую вамъ угодно форму. Если бы стоило тратить на это время, то я бы могъ сдѣлать изъ этого куска ледяной канатъ и потомъ завязать на немъ узелъ. Слѣдовательно, нѣтъ ничего легче, какъ сдѣлать изъ льда статуэтки, сдавливая его постепенно въ цѣломъ рядѣ формъ.

Теперь легко понять, какимъ образомъ вещество, обладающее такими свойствами, можетъ протѣсниться черезъ ущелья Альпъ, приспособляясь къ изгибамъ Альпійскихъ долинъ, допуская различныя движенія своихъ частей и не имѣя при этомъ и слѣда липкости. Гипотезы о липкости, предложенныя впервые Радію и развитыя съ такимъ искусствомъ профессоромъ Форбесомъ, объясняютъ конечно только половину фактовъ. Если сдавливать ледъ, то съ нимъ происходитъ тоже, что съ липкими тѣлами; если же его растягивать, то эта аналогія прекращается.

Я здѣсь вкратцѣ описалъ явленія, замѣченныя на существующихъ ледникахъ, на сколько это относится къ нашему предмету. Но ученый изслѣдователь часто попадаетъ на слѣды, показывающіе ему, что здѣсь происходили перемѣны, вслѣдствіе которыхъ мѣстность совершенно измѣнила свой видъ. Явные слѣды, оставшіеся въ нѣкоторыхъ мѣстахъ отъ обширныхъ ледниковъ, показываютъ, что они здѣсь были и изчезли много столѣтій тому назадъ. Ступайте напримѣръ на Аарскій ледникъ въ Бернскихъ Альпахъ, замѣтьте предѣлы, въ которыхъ онъ теперь дѣйствуетъ, и потомъ взгляните на скалы по его сторонамъ. Какъ онѣ округлены, отполированы движущимся льдомъ. Пріучивъ вашъ глазъ

и суждение терпѣливыми и разнообразными упражненіями къ вѣрнымъ заключеніямъ объ этомъ предметѣ, спускайтесь къ концу ледника, постепенно имѣя въ виду признаки его дѣйствія. Оставивъ ледъ, продолжайте спускаться по долинѣ до Гримзеля: вы повсюду увидите явные признаки дѣйствія ледника. Скалы, подымающіяся со дна долины, округлены, какъ хребты откормленныхъ свиней; это «roches moutonnés» Шарпантьера и Агассиза. На нихъ можно замѣтить большія выемки, сдѣланныя льдомъ, и меньшіе рубцы выцарапанные кремнями которые покрывали нижнюю поверхность ледника, какъ наждакъ. Такимъ образомъ всѣ скалы Гримзеля были очищены. Спуститесь въ долину Газли и изслѣдуйте лѣвый и правый бока горы. Безъ объясненія, которое я вамъ сегодня далъ, видъ страны казался бы вамъ загадочнымъ; но теперь все будетъ ясно: вездѣ вы встрѣчаете хорошо извѣстные рубцы, царапины и борозды. На днѣ долины вы увидите скалы, имѣющія видъ куполовъ, а въ другомъ мѣстѣ они такъ гладко отполированы, что, не вырубивши ступенекъ, невозможно ходить по нимъ, даже при умѣренномъ наклоненіи. На всемъ пути до Мейрингена и дальше, если вы захотите продолжать ваши наблюденія, вы увидите эти слѣды въ изобиліи. Для первоначальныхъ уроковъ распознаванія слѣдовъ древнихъ ледниковъ нѣтъ лучшей почвы какъ эта.

Подобные же слѣды находятся въ долинѣ Роны, и вы можете наблюдать ихъ по всей долинѣ на протяженіи 80 миль до самаго Женевскаго озера, гдѣ они теряются. Но на бокахъ Юры, съ противоположной стороны кантона, слѣды эти опять появляются. По всей длинѣ этихъ известковыхъ долинъ разсыпаны гранитныя глыби Монблана. Боковыя долины на право и на лѣво отъ большой Ронской долины показываютъ, что и по нимъ также проходили ледники. На итальянской сторонѣ Альповъ остатки, если можно такъ выразиться, еще изумительнѣе, чѣмъ на сѣверной. Какъ ни громадны кажутся существующіе ледники для тѣхъ, которые видѣли ихъ на всемъ ихъ протяженіи, но въ сравненіи съ своими предшественниками, они пигмеи.

Не въ одной только Швейцаріи, даже не только вблизи существующихъ ледниковъ, встрѣчаются эти хорошо извѣстные слѣды древнихъ ледниковъ; на Кумберландскихъ холмахъ они почти также явственны, какъ и въ Альпахъ. Гдѣ голые утесы въ продолженіи вѣковъ подвергались дѣйствію погоды, тамъ въ большей части случаевъ, самые рѣзкіе слѣды исчезли; а только округленные формы скалъ свидѣтельствуютъ, что когда-то по нимъ проходили ледники. Но если срыть землю, защищав-

шую нѣкоторые утёсы отъ дѣйствія погоды, то поверхности ихъ окажутся также глубоко изцарапанными и также прекрасно отполированными, какъ и поверхности альпійскихъ утёсовъ, по которымъ проходятъ ледники. Въ окрестностяхъ Скодзеля слѣды древнихъ ледниковъ являются то въ видѣ *roches moutonées*, то въ видѣ *blocsperchés*, и много фактовъ свидѣтельствуетъ, что Бородэль былъ когда-то подъ ледникомъ. Въ сѣверномъ Валисѣ древніе ледники оставили такіе глубокіе слѣды на скалахъ, что протекшіе послѣ того вѣка не успѣли ихъ изгладить. Въ окрестностяхъ Сноудона этихъ слѣдовъ множество. На юго-западномъ берегу Ирландіи также возвышается Магилликуди, на холодныхъ вершинахъ котораго задерживается влага вѣтровъ, дующихъ съ Атлантическаго океана; количество осаждающихся на немъ паровъ такъ велико, что въ Киларнеѣ почти постоянно идетъ дождь. Вслѣдствіе этой сырости каждый утесъ покрывается богатою растительностью. Но пары, падающіе теперь въ видѣ тихаго, плодотворнаго дождя, когда-то падали въ видѣ снѣга, служившаго матерьяломъ для образованія ледниковъ. Черная долина была когда-то наполнена льдомъ, который, двигаясь по направленію къ Верхнему озеру, соскоблилъ бока Пурпуровой Горы. Пространство, занимаемое теперь озеромъ, когда-то покрывалось льдомъ, и островъ, возвышающійся теперь надъ его поверхностью есть куполъ, отшлифованный ледникомъ. Фантастическія названія многихъ утёсовъ происходятъ отъ формъ, какія придалъ имъ могущественный рѣзецъ проходившаго по нимъ ледника. Сѣверная Америка покрывается льдомъ такимъ же образомъ. Но самыя замѣчательныя наблюденія относительно прежняго распространенія ледниковъ, были сдѣланы докторомъ Гукеромъ, во время его пребыванія въ Сиріи. Онъ нашелъ, что знаменитые Ливанскіе кедры растутъ на мѣстѣ древняго ледника. Опредѣленіе условій, при которыхъ возможно образованіе такихъ огромныхъ количествъ льда, долгое время было загадкой для ученыхъ; а потому взглядъ на различныя рѣшенія этого вопроса, предложенныя въ различныя времена, былъ бы весьма поучителенъ. Я не имѣю въ виду новой гипотезы. Но мнѣ кажется возможнымъ болѣе точно опредѣлить цѣль и дать болѣе вѣрное направленіе нашимъ изслѣдованіямъ. Цѣль всѣхъ, мнѣ извѣстныхъ писателей объ этомъ предметѣ, состояло въ опредѣленіи причины *холода*. Нѣкоторые ученые думали, а нѣкоторые и теперь думаютъ, что пониженіе температуры въ эпоху ледниковъ зависѣло отъ временнаго уменьшенія лучеиспусканія солнца; другіе полагали, что наша система, дви-

гаясь въ пространствѣ, могла проходить чрезъ области низкой температуры и что въ это время и образовались ледники.

Съ большею правдоподобностію думали, что пониженіе температуры произошло вслѣдствіе перемѣщенія суши и воды. Если я понимаю сочиненія знаменитыхъ людей, высказывавшихъ и защищавшихъ эти гипотезы, многіе изъ нихъ упустили изъ виду тотъ фактъ, что громадность пространства, которое занимали ледники въ давнопрошедшія времена, указываетъ точно также на дѣйствіе жара, какъ на дѣйствіе холода.

Холодъ не производитъ ледниковъ. При самомъ рѣзкомъ сѣверо-восточномъ вѣтрѣ, дующемъ въ теченіе всей зимы, можетъ не выпасть ни клочка снѣга. Нуженъ предметъ, на который бы холодъ могъ дѣйствовать, и этотъ предметъ — водяные пары воздуха, образованіе которыхъ непосредственно зависитъ отъ теплоты. Поставимъ вопросъ о ледникахъ въ другомъ видѣ: количество скрытаго теплорода въ водяныхъ парахъ, при температурѣ ихъ образованія подъ тропиками, равно приблизительно 1000° F. И такъ, фунтъ воды, чтобы обратиться въ пары подъ экваторомъ, поглощаетъ въ 1000 разъ больше теплоты, чѣмъ сколько нужно, чтобы возвысить температуру этой-же воды на одинъ градусъ. Но количество теплоты, возвышающее температуру фунта воды на одинъ градусъ возвыситъ температуру фунта чугуна на 10°. Изъ этого слѣдуетъ, что количество теплоты, нужное для того, чтобы обратить въ пары одинъ фунтъ воды экваторіальнаго океана, достаточно для того, чтобы сообщить одному фунту чугуна температуру 10,000°. Чугунъ плавится при 2000°; слѣдовательно, для образованія каждаго фунта паровъ, солнце издерживаетъ такое количество теплоты, какое достаточно для того, чтобы довести температуру 5 фунтовъ чугуна до точки плавленія Представьте себѣ на мѣсто древнихъ ледниковъ въ пять разъ большую массу чугуна, доведеннаго до бѣлаго плавильнаго жара, и вы будете имѣть точное понятіе о силѣ солнца при образованіи древнихъ ледниковъ. Разсужденіе это приводитъ насъ, въ противоположность нѣкоторымъ изъ упомянутыхъ гипотезъ, къ заключенію что въ эпоху ледниковъ температура была очень высока. Весьма вѣроятно, что при ближайшемъ изслѣдованіи этого вопроса, прежнія гипотезы были бы окончательно отвергнуты. Теперь очевидно, что допустивъ ослабленіе солнечнаго дѣйствія, или вслѣдствіе уменьшенія лучеиспусканія солнца, или вслѣдствіе пребыванія нашей системы въ холодномъ пространствѣ, мы уничтожили бы ледники въ самомъ ихъ источникѣ.

Огромныя массы ледяныхъ горъ, указываютъ, безспорно, на соразмѣрныя массы водяныхъ паровъ и на соотвѣтственное дѣйствіе солнца. Если бы вы захотѣли въ дистиллирующемъ аппаратѣ перегнать большое количество жидкости, то вы бы, конечно, не стали уменьшать нужную для перегонки температуру, и не приняли бы огонь изъ подъ котла; но такъ поступали ученые, старавшіеся объяснить образованіе древнихъ ледниковъ уменьшеніемъ солнечной теплоты. Совершенно очевидно, что для образованія ледниковъ болѣе всего нуженъ *улучшенный конденсаторъ* (*сгуститель*). Намъ не нужно уменьшенія солнечнаго дѣйствія ни на одну іоту; намъ нужно только по-больше паровъ и могущественный конденсаторъ, который бы могъ понизить температуру паровъ такъ, чтобы они падали на землю не въ видѣ жидкаго ливня, а въ видѣ снѣга.

Я думаю, что загадка теперь упрощена и что найденъ вѣрный путь къ ея разрѣшенію.

ПРИБАВЛЕНІЕ КЪ VI ЛЕКЦІИ.

Извлеченіе изъ рѣчи о Меръ-де-Гласъ.

Часть наблюденій надъ Меръ-де-Гласомъ въ Шамуни, сдѣланныхъ въ Іюнѣ и Іюлѣ 1857 года, составляла основаніе этой рѣчи.

Законъ, установленный впервые Г. Агассисомъ и Форбесомъ, что центральныя части ледника движутся быстрѣе, чѣмъ края, былъ вполнѣ доказанъ помощію ряда кольевъ, поставленныхъ во многихъ мѣстахъ на Меръ-де-Гласъ и на примыкающихъ къ нему второстепенныхъ ледникахъ. Части Меръ-де-Гласа, происшедшія отъ этихъ второстепенныхъ ледниковъ, легко можно было различить на всемъ пространствѣ ледника помощію *моренъ*. Такъ, часть главнаго ледника, происходящую отъ гигантскаго ледника (glacier du géant), тотчасъ можно было отличить отъ частей, происходящихъ отъ другихъ второстепенныхъ ледниковъ по отсутствію въ ней обломковъ моренъ. Граница этихъ двухъ частей рѣзко обозначается началомъ обломковъ. Професоръ Форбесъ обратилъ вниманіе на то обстоятельство, что «восточная часть ледника — представляетъ чрезвычайныя трещины». Онъ объясняетъ это предположеніемъ, что glacier du géant движется быстрѣе всѣхъ и своимъ усиліемъ увлечь за собою своихъ запаздывающихъ спутниковъ, раскалываетъ ихъ и производитъ такимъ образомъ трещины и разсѣлины, кото-

рыми замѣчательна восточная сторона ледника. Этому объясненію не слѣдуетъ впрочемъ придавать большаго значенія. Это одно изъ тѣхъ предположеній, которыя обыкновенно пускаютъ въ ходъ ученые во время своихъ изслѣдованій, и которыхъ основательность, или неосновательность не можетъ имѣть вліянія на достоинство изслѣдователя. Въ самомъ дѣлѣ, мы имѣемъ болѣе обширную почву для нашихъ сужденій о достоинствахъ Форбеса, и при сравненіи его трудовъ съ трудами другихъ изслѣдователей тѣмъ больше выказывается его умственное величіе. Ораторъ удовольствовался бы, сказавъ, что книга професора Форбеса есть лучшая книга, какая когда-нибудь написана по этому предмету. Умъ и глубокія физическія познанія, выказывающіяся въ этомъ превосходномъ сочиненіи, ставятъ его по крайней мѣрѣ въ глазахъ естествоиспытателя выше всего, что было написано по этому предмету, взятаго вмѣстѣ. Отдавъ такимъ образомъ, должную справедливость достоинствамъ книги Форбеса, свободно приступимъ къ сравненію высказанныхъ въ ней положеній съ фактами. Чтобы убѣдиться, дѣствительно-ли glacier du géant движется быстрѣе своихъ спутниковъ, было проведено чрезъ Меръ-де-Гласъ по сосѣдству съ Монтенвертомъ, пять различныхъ линій. Наблюденія надъ каждою изъ нихъ показали, что точка самаго быстраго движенія лежитъ вовсе не на glacier du géant, но сравнительно ближе къ восточной сторонѣ ледника. И такъ положеніе проф. Форбеса не вѣрно. Несовпаденіе точки самаго быстраго движеніи съ центромъ ледниковъ, имѣетъ чрезвычайно большое значеніе для теоріи Форбеса. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ были сдѣланы измѣренія, ледникъ изгибается такъ, что выпуклая сторона его обращена къ восточному краю долины, а вогнутая къ Монтенверту. Сдѣлаемъ еще болѣе смѣлое сравненіе, нежели сдѣлалъ Форбесъ въ своемъ изслѣдованіи, уподобляя glacier du géant огромной быстро текущей рѣкѣ. Спрашивается, какъ бы текла рѣка въ изгибѣ, подобномъ тому, какой представляетъ намъ ледникъ? Точка самаго быстраго движенія будетъ лежать безъ сомнѣнія на той сторонѣ отъ середины рѣки, къ которой обращена выпуклость ея изгиба. Если это примѣнимо ко льду, то должно думать, что точка самаго быстраго движенія перейдетъ на западную сторону долины, если изгибъ ледника измѣнится такъ, что выпуклая сторона будетъ обращена къ западу. Такимъ образомъ изгибается ледникъ противъ прохода, называемаго *мосты* (les ponts), и въ этомъ мѣстѣ былъ повѣренъ только что высказанный взглядъ. Скоро убѣдились, что здѣсь точка самаго быстраго движенія на другой сторонѣ отъ середины ледника, чѣмъ въ первомъ случаѣ. Чтобы выразить этотъ результатъ въ числахъ, были воткнуты

колья по западной сторонѣ на извѣстныхъ разстояніяхъ одинъ отъ другаго, а на восточной сторонѣ — рядъ кольевъ на такихъ же разстояніяхъ одинъ отъ другаго, какъ и на западной. Сравнивали скорости движенія восточныхъ и западныхъ кольевъ попарно. Результаты этихъ измѣреній представлены въ слѣдующей таблицѣ, гдѣ числа означаютъ число дюймовъ, на которые передвинулись колья:

1-я пара.	2-я пара.	3-я пара.	4-я пара.	5-я пара.
Запад. 15	Запад. $17^1/_4$	Запад. $22^1/_4$	Запад $23^3/_4$	Запад. $23^3/_4$
Восточ. $12^1/_2$	Восточ. $15^1/_2$	Восточ. $15^1/_2$	Восточ. $18^1/_4$	Восточ. $19^1/_2$

Изъ этого видно, что во всѣхъ случаяхъ западные колья двигались скорѣе чѣмъ соотвѣтствующіе имъ восточные; это доказываетъ, безъ всякаго сомнѣнія, что западная сторона Меръ-де-Гласа, противъ les Ponts, движется быстрѣе — результатъ, противоположный тому, какой получился въ томъ мѣстѣ, гдѣ изгибъ долины обращенъ въ противоположную сторону.

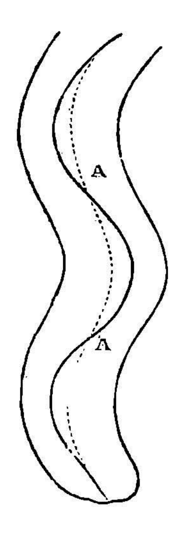
Этотъ выводъ можно повѣрить. Между Les Ponts и мысомъ Trélaporte ледникъ изгибается въ противоположную сторону; выпуклая сторона его, лежащая противъ Trélaporte, обращена къ подошвѣ Aiguille du Moine, которая возвышается на восточной сторонѣ долины. Здѣсь были поставлены ряды кольевъ на обѣихъ сторонахъ ледника. Слѣдующая таблица показываетъ результаты измѣренія; числа, какъ и прежде, означаютъ дюймы:

1 пара.	2 пара.	3 пара.
Запад. $12^3/_4$	Запад. 15	Запад. $17^3/_4$
Восточ. $14^3/_4$	Восточ. $17^1/_2$	Восточ. 19.

Здѣсь мы видимъ также, что во всѣхъ случаяхъ восточные колья движутся быстрѣе, чѣмъ соотвѣтствующіе имъ западные. Слѣдовательно, точка самаго быстраго движенія еще разъ перешла на другую сторону середины ледника, и находится теперь на его восточной сторонѣ.

Опредѣливъ точки самаго быстраго движенія для множества поперечныхъ сѣченій Меръ-де-Гласа, и соединивъ эти точки, мы получимъ мѣста самаго быстраго движенія. Фиг. 59 представляетъ очеркъ Меръ-де-Гласа. Линія, обозначенная точками, проведена черезъ центръ лед-

Фиг. 59.



ника; сплошная линія, пересѣкающая ось ледника въ точкахъ АА, означаетъ мѣста самаго быстраго движенія. Она представляетъ кривую линію, болѣе изогнутую, чѣмъ сама долина, и пересѣкающую центральную линію долины во всѣхъ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ направленіе кривизны долины измѣняется. Тиндаль обратилъ вниманіе на фактъ, что города обыкновенно располагаются на выпуклой сторонѣ изгибовъ рѣкъ, гдѣ быстрое теченіе воды дѣлаетъ наводненіе невозможнымъ. Тотъ же законъ, который направилъ теченіе рѣкъ и назначилъ мѣсто лежащимъ на нихъ городамъ, въ настоящее время дѣйствуетъ съ безмолвной энергіей въ Альпійскихъ ледникахъ.

Теперь обратимъ вниманіе на другую особенность движенія ледниковъ.

Когда еще не было дѣлано объ этомъ предметѣ никакихъ наблюденій, профессоръ Форбесъ высказалъ предположеніе, что части ледника, ближайшія къ его ложу, вслѣдствіе тренія о послѣднее, движутся медленнѣе. Этотъ взглядъ былъ впослѣдствіи подтвержденъ его собственными наблюденіями и наблюденіями Мартинса. Однако, при теперешнемъ состояніи нашихъ знаній объ этомъ предметѣ, необходимо дальнѣйшее подтвержденіе этого факта. Прекрасный случай для изслѣдованія этого вопроса представлялся почти вертикальнымъ обрывомъ льда, образовавшимся по той сторонѣ Glacier du Géant, которая лежитъ недалеко отъ Такуля. Обрывъ былъ почти 140 футовъ вышиною. На вершинѣ и близь основанія были воткнуты колья, и съ помощью ступеней, вырубленныхъ во льду, Тиндалю удалось вбить колъ въ ледъ около 40 футовъ надъ его основаніемъ. По прошествіи нѣсколькихъ дней было измѣрено, на сколько подвинулся каждый изъ кольевъ: дневное движеніе каждаго изъ нихъ оказалось слѣдующимъ:

Верхняго кола	6,00 дюймовъ.
Средняго кола	4,59 —
Нижняго кола	2,56 —

Изъ этого видно, что верхній колъ двигался больше, чѣмъ вдвое скорѣе нижняго; скорость же средняго кола занимаетъ средину между скоростями верхняго и нижняго. Изъ таблицы видно также, что увели-

ченіе скорости вверху не пропорціонально разстоянію отъ основанія, но возрастаетъ въ болѣе быстрой пропорціи. На разстояніи 100 футовъ, отъ основанія, скорость, безъ сомнѣнія, была бы таже, что и на поверхности. Измѣренія, произведенныя надъ прилежащимъ ледянымъ утесомъ, доказали это. Такимъ образомъ мы видимъ, что объясненіе Форбеса относительно постоянной отвѣсности стѣнъ въ поперечныхъ трещинахъ, остаются въ полной силѣ. Въ самомъ дѣлѣ, сравненіе добытыхъ результатовъ съ его предположеніями и разсужденіями доказываетъ ихъ проницательность и точность.

Въ самомъ величественномъ видѣ Меръ-де-Гласъ и соединенные съ нимъ ледники представляются съ точки, лежащей выше знаменитаго ущелья въ цѣпи горъ, ниже Aiguille de Charmoz, которая, навѣрное, привлекаетъ вниманіе всякаго наблюдателя, стоящаго у Монтенверта. Этой точки, означенной на картѣ Форбеса буквою G, Тиндалю удалось достигнуть. Одинъ Тюбингенскій профессоръ посѣтилъ однажды Швейцарскіе ледники и, увидѣвъ эти, на видъ неподвижныя массы, заключенныя въ извилистыхъ долинахъ, возвратился домой и написалъ книгу, въ которой прямо отрицаетъ возможность ихъ движенія. Наблюденіе съ точки, о которой я только что говорилъ, совершенно утвердило бы его въ этомъ мнѣніи. Ничто не можетъ произвести на душу такого сильнаго впечатлѣнія громадности силъ, дѣйствующихъ въ природѣ, какъ протѣсненіе трехъ второстепенныхъ ледниковъ около Меръ-де Гласа, сквозь узкое мѣсто долины у Trélaporte. Но выразимъ результаты въ числахъ. До своего соединенія съ другими ледниками Glacier du Géant имѣетъ въ ширину 1134 ярдовъ (*), (486 саженей). Glacier de Léchaud, до соединенія съ Талефромъ, имѣетъ 825 ярдовъ (353 сажени и 4 фута) ширины; ширина же Талефра, при основаніи каскада, 638 ярдовъ (277 саженей 5 футовъ). Ширина всѣхъ трехъ равна 2597 ярдовъ, т. е. 1117 саж. и 2 фута. У Трелапорта всѣ эти три вѣтви протѣсняются черезъ ущелье въ 893 ярда шириною съ центральною скоростію 20 дюймовъ въ день! Результатъ окажется еще удивительнѣе, если мы сосредоточимъ наше вниманіе на одной изъ вѣтвей, на Лешодской. До своего соединенія съ Трелапортомъ, ледникъ имѣетъ ширину $37^1/_2$ англійскихъ ченовъ (chain **). У Трелапорта эта широкая ледяная рѣка

(*) Одинъ ярдъ = 3 футамъ.

(**) Одинъ chain равенъ почти $9^1/_2$ саженямъ.

протѣсняется сквозь ущелье, имѣющее меньше, чѣмъ 4 чена ширины, т. е. около одной десятой его прежняго горизонтально-поперечнаго размѣра.

Откуда происходитъ сила, которая гонитъ ледникъ сквозь ущелье? Тиндаль думалъ, что эта сила есть давленіе свади. Другіе факты показываютъ также, что Glacier du Géant, на всемъ своемъ протяженіи въ длину, сдавленъ продольно. Возьмемъ рядъ точекъ вдоль оси этого ледника. Еслибы эти точки, во время движенія ледника, не измѣняли своихъ разстояній другъ отъ друга, то этимъ бы доказывалось, что продольнаго сжатія не существуетъ. Если же продольное сжатіе существуетъ, то вслѣдствіе способности льда уступать давленію, задвія точки будутъ постепенно приближаться къ переднимъ. Тиндаль особенно заботился о подтвержденіи на опытѣ этого мнѣнія, къ которому его привело разсужденіе à priori. Поэтому онъ замѣтилъ три точки A,B,C, на оси Glacier du Géant, изъ которыхъ A была выше всѣхъ. Между A и B было 545, а между B и C—487 ярдовъ. Дневныя скорости этихъ трехъ точекъ, опредѣленныя съ помощью теодолита, были слѣдующія:

A	20,55	дюймовъ.
B	15,43	»
C	12,75	»

Результатъ этотъ совершенно подтверждаетъ предъидущее предположеніе. Заднія точки безпрерывно напираютъ на лежащія передъ ними съ такою силою, что часть этого ледника, имѣющая 1000 ярдовъ длины, укорачивается на 8 дюймовъ въ день. Еслибы это число было одинаково во всѣ времена года, то въ годъ данная часть ледника укоротилась бы на 240 футовъ.

Если мы обратимъ вниманіе на плотность этого ледника и на однообразіе въ ширинѣ долины, которую онъ наполняетъ, то результатъ не можетъ не возбудить удивленія; громадность силы, сдѣланная такимъ образомъ очевидною, особенно обнаруживается въ протѣсненіи ледника сквозь пасть гранитныхъ тисковъ у Трелапорта. Какія же свойства льда объясняютъ его способность гнуться, сжиматься и перемѣнять свою форму, какъ было указано въ предъидущихъ замѣчаніяхъ? Единственною теоріей, заслуживающей въ настоящее время серьезнаго вниманія, есть теорія профессора Форбеса, который приписываетъ всѣ эти дѣйствія липкости льда. Тиндаль не соглашался съ этою теоріей, потому что ему казалось, что слово липкость вовсе не выражаетъ строе-

нія льда, составляющаго ледникъ. Онъ уже придавалъ льду форму кружекъ, гнулъ его въ кольца посредствомъ искуственнаго сжиманія, перемѣнялъ его формы различнымъ образомъ, и нисколько не сомнѣвался въ его способности принимать форму статуэтки. Но годится ли слово липкость для выраженія процесса дробленія и перезамерзанія, посредствомъ котораго этотъ результатъ могъ быть достигнутъ? Онъ не думалъ такъ. Масса льда при 32° легко раздробляется, но она имѣетъ такой же острый и опредѣленный изломъ, какъ и масса стекла. Здѣсь нѣтъ и слѣда липкости.

Самая сущность липкости есть способность уступать силѣ растяженія, такъ что послѣ растяженія частицы вещества остаются въ равновѣсіи, и вещество не имѣетъ силы возвратиться въ прежнее состояніе. Вещества, выбранныя Форбесомъ для поясненія физическаго свойства льда, растяжимы въ значительной степени. Но нѣкоторые утверждали, и справедливо, что не слѣдуетъ заключать, что извѣстное вещество не имѣетъ свойства липкости, потому что образчики этого вещества, находящіеся подъ рукою, не обнаруживаютъ его, также точно какъ не слѣдуетъ заключать, что ледъ не голубой, потому что мелкіе кусочки этого вещества не имѣютъ этого цвѣта. Стало быть, чтобы рѣшить вопросъ о липкости, мы должны обратиться къ самому леднику, — что мы и сдѣлаемъ. Во-первыхъ, мы уже указали на аналогію между движеніемъ ледника въ извилистой долинѣ и движеніемъ рѣки въ извилистомъ руслѣ. Но въ одномъ важномъ пунктѣ не достаетъ аналогіи: рѣка, и еще болѣе масса патоки, меда, смолы, или растопленнаго каучука, движется въ извилинахъ, не прерывая сплошности, неразрывности своей массы. Липкая масса растягивается, а ледяная ломается и «огромныя трещины», на которыя указываетъ самъ же проф. Форбесъ, суть послѣдствія этого. Во-вторыхъ, замѣчено наклоненіе Меръ-де-Гласа и соединенныхъ съ нимъ ледниковъ и точно опредѣлено, что положеніе поперечныхъ трещинъ соотвѣтствуетъ измѣненіямъ наклоненія. Всякій Альпійскій путешественникъ знаетъ трещины и выгибы въ верхней части ледника, произведенные спусканіемъ Меръ-де-Гласа съ Шапо. Тоже представляется въ Талефрскомъ ледяномъ каскадѣ. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ ледъ, спускаясь въ Жарденъ, приближается къ паденію, образуются большія поперечныя трещины, которыя такъ быстро слѣдуютъ другъ за другомъ, что массы льда, раздѣляющія ихъ, представляютъ пласты, или клинья, вдоль которыхъ изслѣдователь долженъ пробираться съ большою осторожностью. Эти пласты и клинья въ нѣкоторыхъ случаяхъ

изгибаются боковымъ давленіемъ, а на нѣкоторыхъ массахъ видно дѣйствіе коловратныхъ силъ, поворотившихъ огромныя пирамиды на 90°, т. е. на прямой уголъ отъ ихъ нормальнаго положенія. Потомъ ледъ падаетъ, часть каскада, находящаяся на виду, представляетъ фантастическое собраніе ледяныхъ глыбъ и башенъ, то прямыхъ, то наклоненныхъ, падающихъ по временамъ съ громовымъ звукомъ и разбивающихъ въ дребезги ледяные утесы, на которые они обрушиваются. На прохожденіе льда сквозь ущелья и на его каскады смотрѣли какъ на доказательство его липкости; но предъидущее точное описаніе, полагаю, не гармонируетъ съ нашими понятіями о липкомъ веществѣ.

Доказательства нелипкости нужно искать въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ измѣненіе наклоненія незначительно. Недалеко отъ мѣста, лежащаго напротивъ l'Angle, наклоненіе измѣняется отъ 4 до 9 градусовъ, и вслѣдствіе этого образуется множество трещинъ, дѣлающихъ ледникъ въ этомъ мѣстѣ непроходимымъ. Дальше, вверху ледника, есть поперечныя трещины, происходящія вслѣдствіе измѣненія наклоненія отъ 3 до 5 градусовъ. Изгибъ этотъ представленъ въ точкѣ B (фиг. 60). Онъ почти

Фиг. 60.



незамѣтенъ, но не смотря на то, ледникъ не можетъ проходить по немъ, не ломаясь поперегъ. Въ третьихъ, трещины обязаны своимъ происхожденіемъ растяженію, отъ котораго ледъ освобождается растрескиваясь; — ширина трещинъ можетъ быть принята за мѣру силы, съ которой ледъ освобождается отъ растяженія. Какъ внезапность ихъ образованія, такъ и медленность ихъ расширенія указываютъ на нелипкость льда, потому что, еслибы вещество могло растягиваться даже на пространство, ровное ширинѣ трещинъ, то не было бы необходимости ихъ образованія.

Далѣе, извѣстно, что трещины около краевъ ледника образуются вслѣдствіе болѣе быстраго движенія центральныхъ частей, приводящаго края въ состояніе напряженія, изъ котораго они выходятъ разламываясь. Теперь легко вычислить сумму растяженія, необходимаго для того, чтобы ледъ могъ приспособиться къ болѣе быстрому центральному движенію. Возьмемъ, напримѣръ, ледникъ въ полмили шириною. Прямой поперечный пластъ, или элементъ такого ледника, изгибается въ дугу въ двадцать четыре часа. Концы пласта движутся мало, но центръ дви-

жется быстрѣе: предположимъ, что Sinus versus дуги, образовавшейся изъ пласта, равенъ среднимъ числомъ одному футу, что приблизительно соотвѣтствуетъ дѣйствительности. Имѣя хорду этой дуги и ея Sinus versus можно вычислить ея длину. Въ Меръ-де-Гласѣ, ширина котораго приблизительно равна полу-мили, растяженіе должно бы простираться до $^1/_8$ дюйма въ двадцать четыре часа. Конечно, еслибъ ледъ хоть въ нѣкоторой степени обладалъ свойствомъ липкости, онъ былъ бы въ состояніи удовлетворить этому умѣренному требованію; но онъ, напротивъ, вмѣсто того, чтобы растягиваться, какъ липкое тѣло, ломается, какъ въ высшей степени хрупкое, и вслѣдствіе этого происходятъ трещины на краяхъ. Можно утверждать, что не слѣдуетъ распространять расширенія на всю длину дуги; но какъ бы мы не уменьшали пространства, на которое оно дѣйствуетъ, въ результатѣ все таки выходитъ, что ледъ не липокъ.

Итакъ, группируемъ два разряда фактовъ, представляющихся изслѣдователю ледниковъ: одинъ разрядъ находится въ гармоніи съ понятіемъ о липкости, а другой съ совершенно противоположнымъ понятіемъ. При давленіи замѣчается первый разрядъ фактовъ, при растяженіи — послѣдній. Оба разряда фактовъ примиряются предположеніемъ, или вѣрнѣе, опытомъ, добытою истиною, что хрупкость льда и его свойство перезамерзанія, даетъ ему возможность измѣнять форму, не нарушая его сплошности.

Замѣтка о перезамерзаніи снѣжинокъ.

Слой снѣга, отъ одного до двухъ дюймовъ толщины находился на стеклянной крышѣ маленькой теплицы, въ которую отворялась дверь примыкавшаго къ ней дома. Нагрѣтый тепличный воздухъ, дѣйствуя на нижнюю поверхность стеклянной крыши, расплавилъ прикасающійся къ ней снѣгъ, вслѣдствіе чего весь слой снѣга, тихо скользя, началъ спускаться. Наклоненіе крыши было невелико, и потому опусканіе снѣга происходило постепенно. Когда опускавшійся снѣгъ перешелъ за край крыши, то онъ не разсыпался, но висѣлъ на нѣсколько дюймовъ надъ краемъ, изогнувшись подобно гибкой доскѣ. На слоѣ снѣга были слѣды продольныхъ перекладинъ крыши, которая съ одной стороны нагрѣвалась больше, чѣмъ съ другой, и по этимъ слѣдамъ можно было видѣть, что снѣгъ спускается не съ одинаковою скоростью во всѣхъ частяхъ. Висящій слой снѣга въ иныхъ случаяхъ загибался внутрь.

Фарадей показалъ, что маленькіе кусочки льда, плавающіе въ водѣ, мгновенно смерзаются въ точкѣ прикосновенія. Также точно смерзается цѣлая куча ледяныхъ кусковъ, такъ что, взявшись за одинъ изъ нихъ, можно вытянуть изъ воды всѣ остальные. Подобное же смерзаніе могло происходить между частицами снѣга, которыя, около стекла, находились въ водѣ.

Фарадей показалъ также, что два, такимъ образомъ смерзшіеся куска льда, поворачиваются одинъ около другого, какъ на шалнерѣ, когда боковымъ движеніемъ вы пытаетесь отдѣлить ихъ одинъ отъ другого, и при обращеніи одного куска около другого, они смерзаются вслѣдъ за разломомъ. Это объясняетъ способность снѣжнаго слоя сгибаться. Когда нижнія части снѣжнаго слоя спускаются съ крыши, то они катятся подъ вліяніемъ своей тяжести одна по другой и смерзаются тотчасъ въ новыхъ точкахъ прикосновенія, такъ что снѣжный слой кажется гибкимъ. Заворачиваніе же его внутрь происходитъ отъ уменьшенія нижней поверхности слоя, зависящаго отъ того, что частицы льда, тая и уменьшаясь въ объемѣ, тѣмъ не менѣе продолжаютъ прикасаться одна къ другой.

ЛЕКЦІЯ VII.

Распространеніе теплоты—передача движенія. Хорошіе и дурные проводники. Теплопроводность металловъ. Отношеніе между проводимостями теплоты и электричества. Вліяніе температуры на распространеніе электричества. Вліяніе частичнаго состоянія на теплопроводность. Отношеніе удѣльной теплоты къ проводимости. Теплая одежда. Опыты Румфорда. Вліяніе механическаго строенія на проводимость. Известковая накипь въ котлахъ. Предохранительная отъ взрывовъ лампа. Теплопроводность жидкостей и газовъ. Опыты Румфорда и Депретца. Охлаждающее дѣйствіе водороднаго газа. Опыты Магнуса надъ теплопроводностью газовъ.

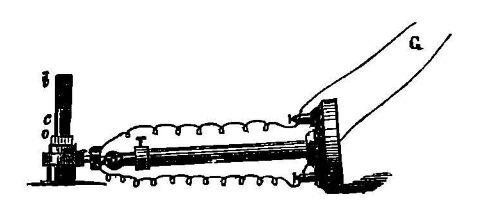
Надѣюсь, мы теперь на столько ознакомились съ нашимъ предметомъ, что сумѣемъ отличить движеніе производимое теплотою, отъ самой теплоты. Теплота не есть порывъ вѣтра, ни дрожаніе пламени, ни кипѣніе воды, ни возвышеніе термометрическаго столба, ни движеніе пара, стремящагося изъ котла, въ которомъ онъ былъ сжатъ. Всё это случаи механическаго движенія, въ которое можетъ превратиться теплота; но сама она есть молекулярное движеніе, колебаніе малѣйшихъ частицъ. Такія, тѣсно соединенныя вмѣстѣ частицы, колебаясь, не могутъ не сообщать своего движенія и другимъ атомамъ тѣла. На это распространеніе молекулярнаго движенія, отъ котораго зависитъ теплота, мы обратимъ теперь наше вниманіе.

Я беру кочергу. Прикасаясь къ ней, я не ощущаю ни теплоты ни холода. Кочерга была у огня, и движеніе ея частицъ въ настоящую минуту одинаково съ движеніемъ, совершающимся въ моихъ нервахъ. Тутъ нѣтъ ни сообщенія, ни отвлеченія теплоты, и потому температура кочерги съ одной стороны, и температура моей руки съ другой стороны, остаются неизмѣнными. Но я кладу конецъ кочерги въ огонь; онъ согрѣвается; частицы, прикасающіеся къ огню, начина-

ютъ колебаться сильнѣе, атомы, качаясь, побуждаютъ къ тому-же сосѣднія частицы, эти передаютъ толчки другимъ, и такимъ образомъ молекулярное движеніе распространяется по тѣлу. Въ настоящемъ случаѣ движеніе передается частицами кочерги отъ одной къ другой и наконецъ достигаетъ самаго отдаленнаго ея конца. Если я теперь дотрогиваюсь до кочерги, то движеніе ея частицъ сообщается моимъ нервамъ и производитъ боль; тѣло теперь горячо, и какъ говорится на обыкновенномъ языкѣ, обжигаетъ мою руку. Мы сказали уже, что конвекція есть перенесеніе теплоты цѣлыми массами изъ одного мѣста въ другое. Но въ нашемъ примѣрѣ движеніе распространяется отъ одного атома къ другому, и это распространеніе теплоты отъ одной частицы къ другой называется *проводимостью* теплоты. Вотъ простой примѣръ, показывающій способность тѣлъ проводить теплоту. Я помѣстилъ желѣзный цилиндръ 1 д. въ діаметрѣ и 2 д. вышины въ сосудъ, наполненный теплою водою; этотъ цилиндръ будетъ въ настоящемъ опытѣ источникомъ теплоты.

Положивъ термоэлектрическій столбикъ *о* (фиг. 61) и обративъ вверхъ его обнаженную поверхность, я ставлю на нее мѣдный цилиндръ *с*, имѣющій температуру этой комнаты. Гальванометръ не отклоняется. Я ставлю теплый цилиндръ *i* на холодный *с*; температура перваго не превышаетъ температуры крови; но стрѣлка тотчасъ отклоняется въ сторону, означая, что теплота уже сообщилась столбику. И такъ молекулярное движеніе, сообщенное желѣзному цилиндру теплою водою, передалось мѣдному, и распространившись по немъ, въ пять секундъ достигло столбика.

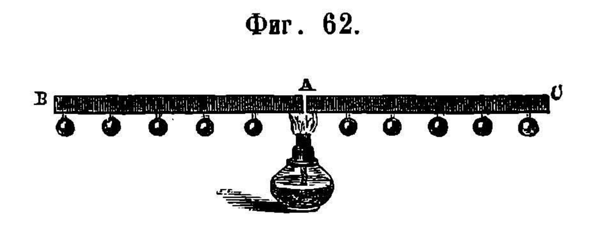
Фиг. 61.



Различныя тѣла не въ одинаковой степени обладаютъ способностью распространять молекулярное движеніе, другими словами—имѣютъ различную теплопроводность. Мѣдь, употребленная нами, обладаетъ очень высокою степенью теплопроводности. Принявъ мѣдный цилиндръ, и предоставивъ стрѣлкѣ возвратиться къ 0°, я ставлю на поверхность столбика стеклянный цилиндръ, а на него помѣщаю желѣзный, вновь разогрѣтый теплою водою. Стрѣлка стоитъ на одномъ мѣстѣ, и пришлось бы ждать довольно долго, чтобы она двинулась; проходитъ въ три раза болѣе времени, чѣмъ сколько нужно мѣди на распространеніе въ ней

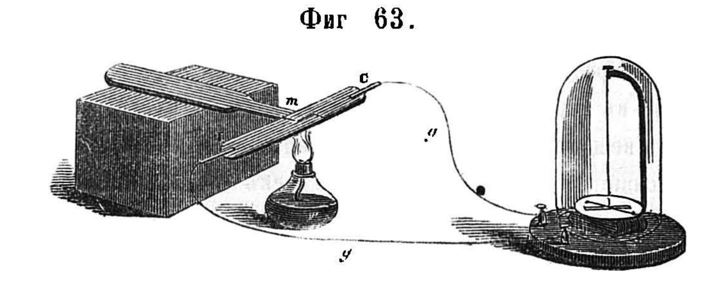
теплоты, и все таки стрѣлка остается неподвижною. Я ставлю потомъ на поверхность столбика деревянный, мѣловой, каменный и глиняный цилиндры по порядку, нагрѣвая ихъ верхніе концы тѣмъ же способомъ, но впродолженіи того времени, которое мы можемъ удѣлить одному опыту, ни одно изъ этихъ веществъ не успѣетъ сообщить теплоты столбику. Частицы ихъ расположены такъ, что не могутъ свободно передавать своего движенія другъ другу. Всѣ эти тѣла дурные проводники теплоты. Ставя же на столбикъ цилиндры изъ цинка, желѣза, свинца, висмута и т. д., мы замѣчаемъ, что каждый изъ нихъ имѣетъ способность быстро распространять движеніе теплоты по всей массѣ. Въ сравненіи съ деревомъ, камнемъ, мѣломъ, стекломъ и глиною, всѣ они хорошіе проводники теплоты. Металлы, хотя и не безъ исключеній, вообще лучшіе проводники теплоты; но и между ними есть значительная разница въ теплопроводности. Чтобы показать это, я сравню желѣзо съ мѣдью. Къ двумъ полоскамъ AB и AC (Фиг. 62), соединеннымъ концами одна съ другой, прикрѣплены воскомъ деревянные шарики на равныхъ разстояніяхъ отъ мѣста соединенія, подъ которымъ ставится спиртовая лампа, нагрѣвающая концы полосокъ. Теплота распространяется по обѣимъ полоскамъ, и, достигая воска, расплавляетъ его, вслѣдствіе чего шарики отпадаютъ; но она распространяется скорѣе въ въ лучшемъ проводникѣ, а потому отъ мѣди отпадаетъ большее число шариковъ.

Фиг. 62.



Вотъ другой опытъ. Двѣ пластинки, желѣзная *I*, и мѣдная *C*, соединены такъ, что составляютъ одну длинную непрерывную полоску *CI*

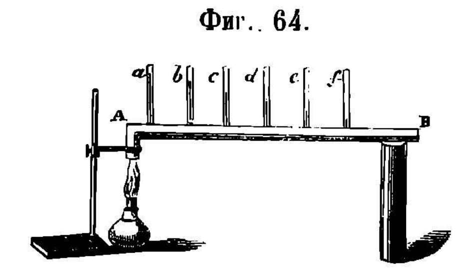
Фиг 63.



(фиг. 63), къ которой прикрѣпляется ручка, дающая всему прибору форму буквы T. Къ концамъ полиски *CI* припаяны маленькія пластинки изъ висмута, отъ которыхъ идутъ проволоки gg къ гальванометру. Я согрѣваю мѣсто соединенія *I*, положивъ на него палецъ, и возбуждаю электрическій токъ, отклоняющій стрѣлку въ вашу сторону. Принимаю палецъ, и стрѣлка возвращается къ 0°. Подобнымъ же образомъ я нагрѣваю мѣсто соединенія *C*, и стрѣлка движется въ противоположномъ направленіи. Когда я кладу пальцы на оба конца, въ одно и тоже время, токи нейтрализируются, и никакого отклоненія не происходитъ. Теперь я помѣщаю спиртовую лампу какъ разъ подъ мѣстомъ соединенія желѣзной и мѣдной пластинокъ; теплота распространяется отъ центра къ обоимъ концамъ, проходя съ одной стороны черезъ мѣдь, а съ другой черезъ желѣзо. Если теплота достигнетъ концевъ въ одно время, на каждомъ концѣ возбудятся токи, которые нейтралиризуются, и стрѣлка останется покойною; но если теплота дойдетъ прежде до одного конца, нежели до другаго, то стрѣлка отклоняется, и по направленію ея движенія можно узнать, который именно изъ концовъ скорѣе согрѣется. Черезъ три секунды послѣ того, какъ я поставилъ лампу подъ пластинкою, стрѣлка уже отклонилась и въ мою сторону, доказывая согрѣваніе конца *C*. Молекулярное движеніе распространилось быстрѣе по мѣди. Я оставляю лампу на томъ же мѣстѣ до тѣхъ поръ, пока температура концовъ пластинки не сдѣлается постоянною, т. е. пока количество теплоты, сообщаемой лампою, не сравнится совершенно съ количествомъ, теряемымъ пластинкою въ окружающемъ ее пространствѣ. Мѣдь и въ этомъ случаѣ удерживаетъ свое превосходство; стрѣлка постоянно означаетъ сильнѣйшую теплоту конца *C*, и такимъ образомъ мы доказываемъ, что мѣдь лучшій проводникъ теплоты, нежели желѣзо. Этотъ небольшой опытъ показываетъ намъ, какъ въ естественныхъ наукахъ знаніе одного дѣятеля природы облегчаетъ изслѣдованіе другаго; каждое новое открытіе становится какъ-бы новымъ приборомъ. Прежде оно было цѣлью, потомъ становится средствомъ, и такимъ образомъ гарантируется развитіе науки. Франклинъ одинъ изъ первыхъ пытался точно опредѣлить теплопроводность разныхъ тѣлъ, а Ингенгаузъ привелъ это въ исполненіе. Онъ покрылъ воскомъ нѣсколько полосокъ различныхъ веществъ, погрузилъ ихъ концы въ горячее масло и замѣчалъ разстояніе, до котораго распускался воскъ на каждой изъ полосокъ. Хорошіе проводники растопили воскъ на большемъ пространствѣ, и величина этого пространства служила мѣриломъ теплопроводности полоски.

Второй способъ былъ указанъ Фурье, и Депретцъ слѣдовалъ ему въ своихъ опытахъ. А В (фиг 64). представляетъ металлическую полоску съ просверленными въ ней дырочками, въ которыя вставляются маленькіе термометры. У конца полоски ставится ламра, и теплота распространяется по металлу, нагрѣвая прежде термотетръ *a*, потомъ *b*, потомъ *c*, и т. д.

Фиг.. 64.



Впродолженіи извѣстнаго времени термометры продолжаютъ возвышаться, но послѣ того, какъ состояніе полоски дѣлается неизмѣннымъ, термометры показываютъ постоянную температуру. Чѣмъ лучше теплопроводность полоски, тѣмъ менѣе должна быть разница между двумя слѣдующими одинъ за другимъ термометрами. Уменьшеніе теплоты въ полоскѣ отъ горячаго конца къ холодному замѣтнѣе въ дурныхъ проводникахъ, чѣмъ въ хорошихъ, и по понижающейся температурѣ мы можемъ заключить о теплопроводности полоски и выразить ее числами. Видеманъ и Францъ въ очень важныхъ изслѣдованіяхъ держались этого способа; но вмѣсто термометра они употребляли принаровленный къ этому случаю термоэлектрическій столбикъ. Вотъ нѣкоторые результаты ихъ многочисленныхъ и въ высшей степени интересныхъ опытовъ.

Названіе веществъ			Распространеніе		
			электричества		теплоты.
Серебро	—	—	100	—	100
Мѣдь	—	—	73	—	74
Золото	—	—	59	—	53
Латунь	—	—	22	—	24
Олово	—	—	23	—	15
Желѣзо	—	—	13	—	12
Свинецъ	—	—	11	—	9
Платина	—	—	10	—	8
Нейзильберъ		—	6	—	6
Висмутъ	—	—	2	—	2

Эта таблица показываетъ, что металлы по своей теплопроводности, очень отличаются одинъ отъ другаго. Такъ напримѣръ, теплопроводство серебра, 100 а нейзильбера 6. Вы легко можете изслѣдовать

эту разницу, опустивъ двѣ ложки, одну серебряную, а другую нейзильберовую въ сосудъ съ горячею водою. Спустя короткое время, вы замѣтите, что конецъ одной изъ ложекъ, именно серебряной, гораздо горячѣе конца другой; а если положить кусочки фосфора на концы ложекъ, то на серебряной фосфоръ расплавится и загорится по прошествіи короткаго времени, между тѣмъ какъ теплота, распространяющаяся на другой ложкѣ, никогда не будетъ въ состояніи зажечь фосфоръ.

Ничего нѣтъ интереснѣе для естествоиспытателя, какъ находить соотношеніе и сходство между разнообразными дѣятелями природы. Мы знаемъ, что между ними существуетъ связь, и что они превращаются одинъ въ другой; но до сихъ поръ еще намъ неизвѣстно, какъ совершается это превращеніе. Мы имѣемъ основаніе думать, что электричество и теплота — особеннаго рода движенія частицъ; по опыту знаемъ, что электричество переходитъ въ теплоту, а теплота въ электричество, какъ напримѣръ въ термо-электрическомъ столбикѣ. Наши понятія о свойствахъ движенія, отъ котораго зависитъ теплота, несколько уяснены, или по крайней мѣрѣ мы думаемъ, что уяснены; но что касается до сущности измѣненія, которому должно подвергнуться это движеніе для превращенія въ электричество, то мы ничего покуда объ этомъ не знаемъ.

Таблица показываетъ однако важное соотношеніе между теплотою и электричествомъ. Кромѣ чиселъ, означающихъ теплопроводность, Видеманнъ и Францъ выставили числа, показывающія способность тѣхъ же металловъ проводить электричество. Одни другимъ соотвѣтствуютъ: хорошій проводникъ теплоты хорошо проводитъ электричество, а дурной проводникъ теплоты такой же дурной проводникъ электричества. Отсюда мы можемъ заключить, что физическое свойство тѣла, способствующее распространенію въ немъ теплоты, способствуетъ также распространенію электричества. Эта одинаковая способность обоихъ силъ указываетъ на ихъ сродство, которое, безъ сомнѣнія, разъяснятъ будущія изслѣдованія. Я укажу еще на другое доказательство связи между теплотою и электричествомъ. Вотъ длинная проволока, составленная изъ проволокъ, приготовленныхъ изъ различныхъ веществъ: трехъ кусковъ платины, 4 или 5 длины каждый, и трехъ серебряныхъ кусковъ такой же длины и толщины. Уже доказано, что количество теплоты, развивающейся въ проволкѣ при прохожденіи въ ней тока извѣстной силы, совершенно пропорціонально сопротивленію проволоки. Мы можемъ представить себѣ, что атомы составляютъ какъ бы преграды на

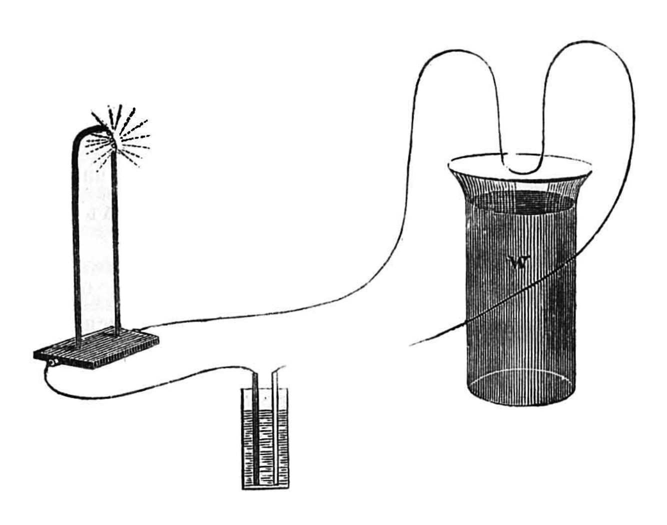
пути электрическаго тока, который, сталкиваясь съ ними, сообщаетъ имъ свое движеніе и нагрѣваетъ проволоку. Въ хорошемъ проводникѣ, напротивъ, можно представить, что токъ свободно скользитъ между атомами и не слишкомъ ихъ безпокоитъ. Я пропущу такой токъ изъ баттареи, состоящей изъ двадцати элементовъ Грове, черезъ эту сложную проволоку. Платиновые куски, раздѣленные между собою серебрянными, раскаляются до бѣла, тогда какъ серебрянные остаются темными. Электрическій токъ стремительно ударяется о частицы платины, между тѣмъ какъ онъ скользитъ почти безпрепятственно между частицами серебра. Вслѣдствіе этого онъ производитъ въ металлахъ различныя дѣйствія (*).

Теперь я хочу показать вамъ, что движеніе атомовъ, отъ котораго зависитъ теплота, мѣшаетъ движенію, отъ котораго зависитъ электричество. Вы знаете устройство маленькой платиновой лампы: она просто состоитъ изъ спирально свитой платиновой проволоки, прикрѣпленной къ мѣдному станку: если электрическій токъ пройдетъ по спирали, то она будетъ свѣтить. Но я ввелъ еще въ цѣпь тонкую, двухъ-футовую платиновую проволоку; токъ проходитъ черезъ обѣ проволоки, онѣ нагрѣваются до красна, и въ обѣихъ совершаются сильныя молекулярныя движенія. Я хочу доказать, что движеніе теплоты, которое возбуждается электричествомъ въ двухъ-футовой проволкѣ, и вслѣдствіе котораго проволока свѣтитъ, представляетъ препятствіе прохожденію тока. Электричество само подымаетъ препятствіе на своемъ пути. Охладивъ эту проволоку, я уменьшаю теплоту и открываю такимъ образомъ болѣе широкій путь для прохожденія электричества. Но если его пройдетъ болѣе, то это будетъ замѣтно на лампѣ, платина которой изъ красной сдѣлается бѣлою, и измѣненіе въ напряженности свѣта будетъ видимо для всѣхъ. И такъ, я погружаю до красна разогрѣвшуюся проволоку въ сосудѣ съ водою W (фиг. 65): лампа становится такъ свѣтла, что на нее трудно смотрѣть. Принявъ проволоку изъ воды, я предоставляю движенію теплоты еще разъ развиться въ ней. Движеніе электричества тотчасъ задерживается, и свѣтъ ламиы уменьшается. Опять погружаю проволоку въ холодную воду все глубже и глубже; напряженность свѣта становится больше и больше. Теперь свѣтъ лампы внезапно исчезаетъ:

(*) Не служитъ ли для распространенія электричества сгущенный эфиръ, окружающій атомы?

круговое движенiе тока прервалось, такъ какъ спиральная проволока расплавилась отъ новаго прилива электричества.

Фиг. 65.



Обратимъ теперь вниманiе на распространенiе холода. Повидимому, онъ долженъ распространяться подобно теплотѣ. Я согрѣваю мѣдный цилиндръ, держа его въ рукѣ, потомъ ставлю на столбикѣ и стрѣлка отклоняется до 90° въ извѣстномъ направленiи. На этотъ цилиндръ я ставлю другой, охлажденный льдомъ; черезъ минуту стрѣлка начинаетъ двигаться, возвращается къ нулю и доходитъ до 90° въ направленiи къ холоду. По аналогiи вы можете предположить, что холодъ распространяется внизъ отъ верхушки цилиндра къ его дну, какъ распространялась теплота въ предъидущихъ опытахъ. Я ничего не могу возразить противъ термина «распространенiе холода», лишь бы его употребляли, ясно понимая настоящiй физическiй процессъ, имъ обозначаемый. Дѣйствительный процессъ состоитъ въ томъ, что теплый цилиндръ первый передаетъ свое движенiе или теплоту холодному верхнему и, теряя мало по малу собственную теплоту, извлекаетъ ее изъ столбика. Въ прежнихъ опытахъ движенiе шло къ столбику, теперь оно идетъ отъ него; въ первомъ случаѣ столбикъ согрѣвается, въ послѣднемъ охлаждается. Согрѣванiе его производитъ положительный токъ, а охлажденiе отрицательный. Но въ томъ и другомъ случаѣ происходитъ распространенiе движенiя, и согрѣванiе и охлажденiе зависятъ единственно отъ направленiя, въ которомъ онъ распространяется. Я ставлю одинъ изъ металлическихъ

цилиндровъ, нарочно охлажденный, на поверхность столбика, и быстрое отклоненіе стрѣлки означаетъ его охлажденіе. Можно ли предположить, что холодъ на самомъ дѣлѣ сообщается столбику? Нѣтъ: столбикъ представляетъ здѣсь теплое тѣло; его частичное движеніе сильнѣе такого движенія въ цилиндрѣ, и когда оба тѣла соприкасаются, столбикъ пополняетъ недостатокъ молекулярнаго движенія въ цилиндрѣ, сообщаетъ ему часть своего собственнаго движенія, и вслѣдствіе этого охлаждается, возбуждая при этомъ отрицательный токъ.

Я принимаю со столбика холодный металлическій цилиндръ и на мѣсто его ставлю деревянный, одинаковой температуры съ прежнимъ. Охлажденіе очень не велико, какъ можно видѣть по слабому отклоненію стрѣлки. Отчего же холодное дерево не производитъ такого дѣйствія, какъ холодный металлъ? Просто потому, что теплота, сообщенная ему столбикомъ, собирается у его нижней поверхности; она не можетъ распространяться по дереву, которое дурно проводитъ ее, какъ она распространяется по металлу, и такимъ образомъ количество теплоты, извлекаемое изъ столбика деревомъ, менѣе количества, извлекаемаго мѣдью. Тоже самое можно замѣтить, прикасаясь къ холодному дереву или металлу. Предположимъ, что мы входимъ въ холодную комнату и прикасаемся рукой къ кочергѣ, къ камину, стулу, ковру; они кажутся намъ не одинаковыхъ температуръ; желѣзо холоднѣе мрамора; мраморъ холоднѣе дерева и т. д. Ваша рука подвергается точно такому же дѣйствію, какому подвергался столбикъ въ послѣднихъ опытахъ. Нѣтъ нужды говорить, что замѣчается совершенно противное при входѣ въ теплую комнату, то есть такую, которая теплѣе нашего тѣла. Я почувствовалъ бы, конечно, боль, еслибы легъ на металлическую поверхность въ турецкой банѣ; но лежа на деревянной скамьѣ, я не чувствую ея. Предохраняя тѣло отъ соприкосновенія съ хорошими проводниками, можно выдержать очень высокую температуру. Можно сварить яйца и приготовить бифстексъ посредствомъ теплоты комнаты, въ которой люди могутъ оставаться безъ вреда для себя.

Точное объясненіе этого послѣдняго опыта заслуживаетъ нѣкотораго вниманія. При этомъ вспоминаются имена Благдена и Шантрея, тѣхъ замѣчательныхъ людей, которые въ печкѣ подвергали себя дѣйствію температуры, значительно высшей, чѣмъ температура кипѣнія воды. Сравнимъ состояніе двухъ живыхъ человѣческихъ существъ съ состояніемъ двухъ мраморныхъ статуй, помѣщенныхъ въ туже печь. Статуи постепенно нагрѣваются до тѣхъ поръ, пока не примутъ темпе-

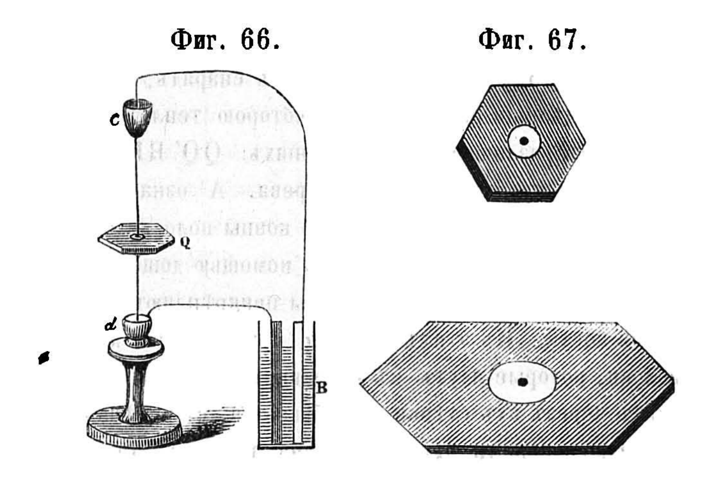
ратуры воздуха печи; температура тѣла у двухъ скульпторовъ, находящихся въ такихъ же условіяхъ, не возвышается подобнымъ образомъ: иначе ткани тѣла непремѣнно разрушились бы, такъ какъ выдерживаемой ими температуры болѣе чѣмъ достаточно на то, чтобы сварить мускулы въ тѣхъ жидкостяхъ, которыми они пропитаны. Но дѣло въ томъ, что теплота крови едва подвергается вліянію сильной внѣшней теплоты. Эта теплота, вмѣсто того, чтобы возвысить температуру тѣла, производитъ работу, измѣняя физическое состояніе тѣла: теплота вызываетъ испарину, протѣсняетъ жидкость черезъ поры и частію испаряетъ ее. Теплота производитъ потенціальную напряженность, она истрачивается на работу. Въ этомъ состоитъ, если можно такъ выразиться, отводный каналъ, черезъ который тѣло избавляется отъ избытка теплоты.

Оттого-то, при самыхъ разнообразныхъ условіяхъ климата, температура человѣческой крови остается, какъ извѣстно изъ опыта, постоянною. Кровь Лапландца также тепла, какъ и кровь Индуса, между тѣмъ какъ англичанинъ, переѣзжая отъ сѣвернаго полюса къ южному, находитъ, что температура его крови значительно возвышается при приближеніи къ экватору и значительно уменьшается при приближеніи къ антарктическому полюсу. Если теплота сообщается постепенно, что всегда бываетъ, когда тѣло окружено дурнымъ проводникомъ, то вся она поглощается означеннымъ способомъ по мѣрѣ того, какъ она прибываетъ. Но если теплота сообщается быстро — какъ напримѣръ въ случаѣ прикосновенія къ хорошему проводнику — то она не успѣваетъ превратиться въ безвредную потенціальную напряженность, и слѣдствіемъ того бываетъ повреждееіе тканей. Нѣкоторые видѣли въ способности живыхъ тѣлъ противостоять высокой температурѣ сохранительное дѣйствіе, зависящее отъ жизненной силы. Безъ сомнѣнія, всѣ явленія животнаго организма связаны съ тѣмъ, что мы называемъ ихъ жизненностью. Но въ разсматриваемомъ нами случаѣ дѣйствіе, по роду своему, совершенно соотвѣтствуетъ таянію льда или испаренію воды, и состоитъ просто на просто въ томъ, что теплота идетъ не на возвышеніе температуры, а на производство работы.

И такъ мы сравнивали теплопроводность различныхъ тѣлъ; но одни и тѣже вещества не одинаково способны распространять теплоту въ различныхъ направленіяхъ. Многіе кристаллы имѣютъ такое строеніе, что движеніе распространяется по извѣстнымъ направленіямъ съ большею легкостью, чѣмъ по другимъ. Вотъ большой кусокъ горнаго хрусталя. Кристаллъ имѣетъ форму шестиугольнаго столбика, который

при полномъ развитіи оканчивался бы двумя шестисторонними пирамидками. Теплота проходитъ съ большею легкостью вдоль оси кристалла, нежели поперегъ ее. Это было очень просто доказано г. Сенармонтомъ. Двѣ кварцевыхъ пластинки, изъ которыхъ одна вырѣзана параллельно оси кристалла, а другая перпендикулярно къ ней, покрываются слоемъ бѣлаго воска. Пластинки просверлены въ центрѣ, и въ это отверстіе я помѣщаю проволоку, которую согрѣваю электрическимъ токомъ. Токъ идетъ отъ баттареи B (фиг. 66). C представляетъ деревянную чашечку, черезъ дно которой проходитъ игла, а *d* другую такую чашечку, въ которую погружается конецъ иглы; Q означаетъ просверленную кварцевую пластинку. Въ каждой чашечкѣ находится капля ртути. Токъ, идя отъ *c* къ *d*, нагрѣваетъ иглу, и теплота распространяется по всѣмъ направленіямъ. Воскъ растапливается вокругъ согрѣтаго мѣста и очертаніе расплавленной части воска на пластинкѣ, вырѣзанной перпендикулярно къ оси кварца, представляетъ совершенный кругъ (фиг. 67). Теплота

Фиг. 66. Фиг. 67.



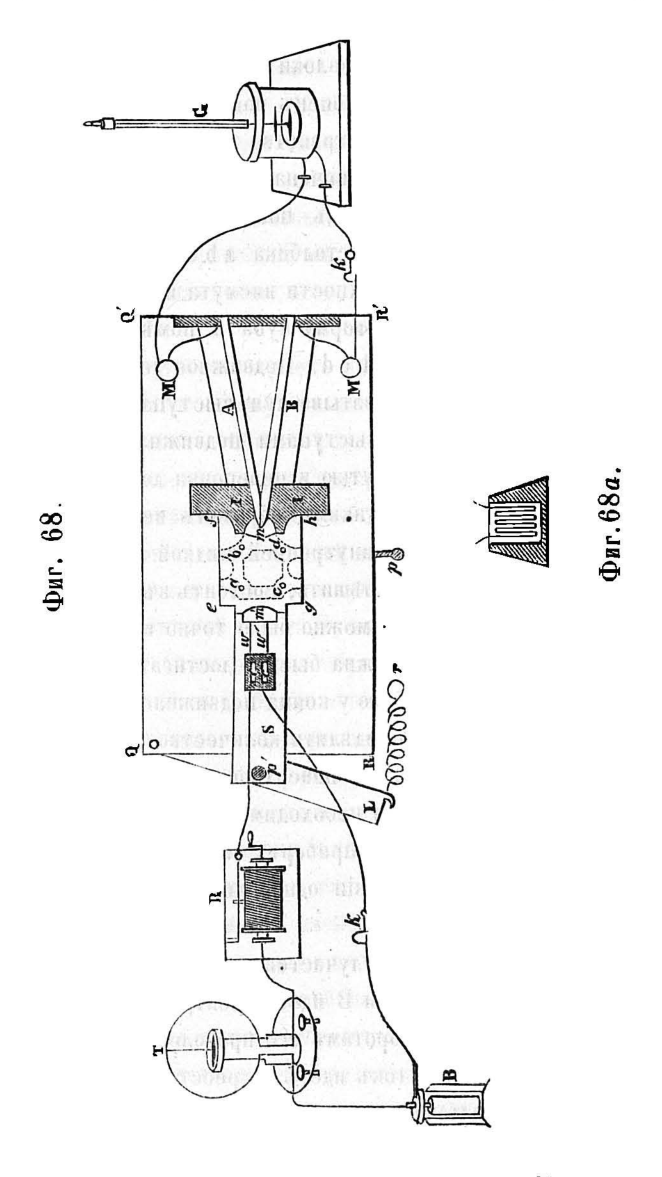
распространилась съ одинаковою быстротою во всѣ стороны по пластинкѣ и растопила воскъ на одинаковомъ пространствѣ во всѣхъ направленіяхъ. Такой же опытъ я произвожу надъ другою пластинкою; здѣсь очертаніе расплавленной части воска не имѣетъ формы круга; теплота проходитъ вдоль оси скорѣе, нежели поперегъ ея, и оттого растопленный воскъ представляетъ эллипсисъ вмѣсто круга (фиг. 67а). Исландскій шпатъ лучше проводитъ теплоту вдоль своей кристаллической оси, нежели подъ прямымъ угломъ къ ней, тогда какъ въ турмалинѣ теплота распространяется быстрѣе по направленію перпендикуляра къ

оси. Металлъ висмутъ, съ которымъ вы уже ознакомились, легче раскалывается по одному направленію и, какъ показали гг. Сванбергъ и Маттеучи, онъ лучше проводитъ теплоту вдоль плоскостей разлома, нежели поперегъ ихъ.

Дерево представляетъ замѣчательный примѣръ такого неодинаковаго распространенія движенія по различнымъ направленіямъ. 20 лѣтъ тому назадъ Деларивъ и Декандоль занялись изслѣдованіемъ этой особенности дерева и, испытавъ около пяти различныхъ его сортовъ, утвердили тотъ фактъ, что движеніе распространяется быстрѣе вдоль волоконъ, нежели поперегъ ихъ. Опытъ производился способомъ, обыкновенно употребляемымъ въ такого рода изслѣдованіяхъ и принятымъ Депретцомъ при испытаніи металловъ. Деревянную полоску нагрѣвали съ одного конца до тѣхъ поръ, пока температура ея не становилась постоянною. Теплота полоски на различныхъ разстояніяхъ отъ нагрѣваемаго конца означалась термометрами, вставленными въ углубленія полоски, и изъ этихъ чиселъ, посредствомъ хорошо извѣстной формулы, выводили теплопроводность дерева.

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ, я придумалъ снарядъ, показанный на фиг. 68., для опредѣленія быстроты, съ которою теплота распространяется по дереву въ различныхъ направленіяхъ. QQ′ RR′ представляютъ продолговатый кусокъ краснаго дерева. A означаетъ полоску сурьмы, B полоску висмута. Соединенные концы полоски сурьмы A и полоски висмута B, удерживаются вмѣстѣ помощью дощечекъ изъ слоновой кости II′, а противоположные концы прикрѣпляются къ другому куску слоновой кости. Къ этимъ концамъ припаяны два куска платиновой проволоки, которые идутъ къ маленькимъ костянымъ чашечкамъ MM, проходятъ черезъ ихъ стѣнки и сообщаются съ помѣщенною внутри ртутью. Въ красномъ деревѣ сдѣлана вырѣзка, такъ что полоски A и B лежатъ нѣсколько ниже поверхности дерева пластинки. Костяныя дощечки лежатъ также точно въ углубленіи. Между выступами костяныхъ пластинокъ II′ натянута тонкая перепонка, образующая камеру m передъ клинообразнымъ концомъ соединенныхъ полосокъ висмута и сурьмы; дно камеры костяное. S есть подвижной кусокъ дерева, который посредствомъ рычага L можетъ свободно двигаться взадъ и впередъ въ углубленіи, въ которомъ онъ помѣщается. Ось рычага находится около Q, а рычагъ прикрѣпляется къ подвижному куску дерева посредствомъ гвоздика p′; въ рычагѣ сдѣлано продолговатое отверстіе, въ которомъ p′ можетъ двигаться, вслѣдствіе чего рычагъ

при движенiи своемъ, не поворачиваетъ дерева S, а толкаетъ его по одному направленiю. На концѣ подвижнаго куска видны два выступа вверхъ, между которыми натянута тонкая перепонка. Образовавшаяся такимъ образомъ камера m′ ограничивается съ трехъ сторонъ деревомъ,



Фиг. 68.

Фиг. 68a.

а спереди перепонкою и имѣетъ деревянное дно. Тонкая платиновая проволока, изогнутая нѣсколько разъ такъ, что образуетъ родъ рѣшетки , кладется позади этой камеры и вбивается въ конецъ подвиж-

наго куска ударомъ молота. На общую поверхность дерева и проволоки накладывается чрезвычайно тонкая мѣдная пластинка, недопускающая изогнутую проволоку прикасаться къ ртути, которою наполнена камера m′. Концы изогнутой провоки ww идутъ къ двумъ маленькимъ углубленіямъ cc′, выдолбленымъ въ костяной пластинкѣ; въ этихъ углубленіяхъ находятся ртуть, къ которой проволоки прикасаются.

Фиг. 68 *a*. представляетъ конецъ подвижнаго куска и изогнутую проволоку. Прямоугольное пространство e f g h вырѣзано въ кускѣ краснаго дерева, и внизу привинчена мѣдная пластинка; отъ этой пластинки, (которая вырѣзана какъ показываютъ точки на рисункѣ), подымаются четыре коническіе столбика a b c d, мѣдная пластинка лежитъ на 0, 3 дюйма ниже поверхности висмута и сурьмы.

Испытываемому тѣлу я даю форму куба и помѣщаю его при помощи щипцовъ на четыре столбика a b c d. Подвижное дерево *S* придвигается къ кубу, который крѣпко обхватывается выступами костяныхъ дощечекъ ll′ съ одной стороны и выступами подвижнаго куска дерева съ другой. Камеры наполнены ртутью и перепонка довольно сильно нажимаетъ на кубъ, установляя такимъ образомъ необходимое въ этомъ опытѣ полное соприкосновеніе внутренней жидкой массы съ деревомъ.

Задача, которую нужно разрѣшить, состоитъ въ слѣдующемъ: нужно такъ нагрѣвать кубъ, чтобы можно было точно измѣрить сообщаемую ему теплоту; теплота эта должна быстро достигать поверхности куба, соприкасающейся съ перепонкою у конца подвижнаго куска дерева; и мы должны быть въ состояніи опредѣлить количество теплоты, проходящей сквозь кубъ къ противоположной поверхности куба въ продолженіи минуты. Для рѣшенія этой задачи необходимо имѣть пригодный источникъ теплоты у лѣваго конца куба и приборъ, измѣряющій количество теплоты, перешедшей по прошествіи одной минуты, на противоположную сторону куба.

Такой источникъ теплоты получается слѣдующимъ образомъ: отъ маленькой гальванической батареи B идетъ электрическій токъ къ гальванометру T и проходитъ по оборотамъ его проволоки, отклоняя при этомъ магнитную стрѣлку. Отъ T токъ идетъ къ реостату R: снарядъ этотъ состоитъ изъ цилиндра, выточеннаго изъ змѣевика, обвитаго спирально нейзильберовой проволокою. Поворачивая цилиндръ помощью рукоятки, мы можемъ вводить въ цѣпь различныя длины проволоки, которая оказываетъ сильное сопротивленіе току, и такимъ образомъ получать различные токи. Назначеніе двухъ послѣднихъ снарядовъ въ настоящихъ опытахъ заклю-

чается единственно въ поддерживаніи постояннаго тока. Отъ R токъ направляется къ углубленію c, потомъ черезъ изогнутую проволоку къ углубленію c′, и оттуда возвращается къ другому полюсу баттареи.

Изогнутая проволока при прохожденіи тока нагрѣвается довольно сильно; теплота проходитъ по ртути въ камеру къ перепонкѣ, которая дѣлается ближайшимъ источникомъ теплоты, нагрѣвающимъ поверхность куба съ лѣвой стороны. Количество теплоты, перешедшей по массѣ куба къ его противоположной поверхности въ данное время, узнается по отклоненію стрѣлки гальванометра, соединеннаго съ парою полосокъ висмута и сурьмы. Гальванометръ g употребляется съ этою цѣлью; отъ него идутъ проволоки къ чашечкамъ съ ртутью M M, которыя, какъ уже было замѣчено, соединены платиновыми проволоками съ A и B.

Извѣстно, что ртуть растворяетъ висмутъ, и при соприкосновеніи обоихъ металловъ быстро образуется амальгама. Для предохраненія термо-электрической пары отъ дѣйствія ртути, концы полосокъ покрываются такою-же тонкою перепонкою, какая находится въ камерахъ mm′ Прежде чѣмъ кубъ будетъ поставленъ между обѣими оболочками, послѣднія, въ слѣдствіе находящейся за ними жидкой массы, нѣсколько выпуклы и образуютъ упругія подушки. Когда-же кубъ поставленъ на подпорки и къ нему приближенъ подвижной кусокъ S, то оболочки нажимаютъ на кубъ и становятся плоскими, дѣлая такимъ образомъ соприкосновеніе полнымъ. Поверхность плоскостей куба болѣе поверхностей перепонокъ, и слѣдовательно кубъ прикасается къ перепонкамъ только на противоположныхъ поверхностяхъ. Помощью рычага L на кубъ надавливаютъ, а самъ рычагъ удерживается въ своемъ положеніи помощью проволоки r, которая прикрѣпляется къ шпиньку P. Опытъ производится такъ: когда, вопервыхъ, замѣтимъ, что стрѣлка гальванометра, введеннаго въ термоэлектрическую цѣпь, указываетъ на 0, что служитъ признакомъ отсутствія нанагрѣванія на спаѣ сурьмы и висмута, мы прерываемъ эту цѣпь помощью прерывателя K′. Въ извѣстный моментъ, наблюдаемый на часахъ, бьющихъ секунды, помощію прерывателя K замыкаютъ вольтаическую цѣпь, току предостовляется проходить впродолженіи шестидесяти секундъ: въ шестидесятую секунду вольтаическая цѣпь прерывается лѣвою рукою, находящеюся около K, тогда какъ въ то-же самое время термоэлектрическая цѣпь замыкается правою рукою у K′. Стрѣлка гальванометра мгновенно отклоняется, и мы замѣчаемъ предѣлъ перваго движенія, величина котораго зависитъ отъ количества теплоты прошед-

шаго въ минуту черезъ массу куба до соединенія висмута и сурьмы. Замѣтивъ величину перваго движенія, мы принимаемъ кубъ и предоставляемъ снаряду охладиться, или пока стрѣлка не возвратится къ 0°. Затѣмъ ставится другой кубъ, вольтаическая цѣпь снова замыкается, токъ проходитъ по ней въ продолженіи 60 секундъ, потомъ прерывается лѣвою рукою, а термоэлектрическая цѣпь въ тоже время замыкается правою, и по прежнему опредѣляются предѣлы перваго размаха стрѣлки.

Судя по этому описанію, опытъ можетъ казаться довольно сложнымъ, но въ дѣйствительности это не такъ: одинъ экспериментаторъ можетъ совершенно управиться со всѣмъ приборомъ. Проволоки маленькой баттареи, состоящей всего изъ одной пары, остаются постоянно на своихъ мѣстахъ и въ то время, когда опыты не производятся; все что нужно сдѣлать, это соединить ихъ съ баттареей, и за тѣмъ можно приступить къ опыту.

Мы находимъ въ деревѣ три линіи, перпендикулярныя одна къ другой и, при первомъ взглядѣ на дерево, мы принимаемъ ихъ за необходимое слѣдствіе молекулярнаго дѣйствія. Первая линія параллельна волокнамъ, вторая перпендикулярна къ нимъ и къ деревянистому слою, по которому узнаютъ ежегодное наростаніе дерева, а третья перпендикулярна къ волокну и параллельна или скорѣе касательна къ слоямъ. Кубъ вырѣзывается изъ каждаго дерева такъ, чтобы двѣ поверхности его были параллельны деревянистымъ слоямъ, двѣ перпендикулярны къ нимъ, а остальныя двѣ перпендикулярны къ волокнамъ. Предположено было изслѣдовать скорость распространенія теплоты по этимъ тремъ направленіямъ. Нужно замѣтить, что кубы были приготовлены довольно тщательно изъ сухаго дерева.

Кубъ въ первый разъ поставили на четырехъ подпоркахъ *a b c d* такъ, что теплота распространялась параллельно волокнамъ, и замѣтили отклоненіе, произведенное теплотою, прошедшею черезъ кубъ въ теченіи шестидесяти секундъ. Потомъ измѣнили положеніе куба такъ, что волокна его стали вертикальны и теплота проходила по линіи параллельной слоямъ и перпендикулярной къ волокну; отклоненіе, произведенное теплотою, прошедшею въ одну минуту, и въ этотъ разъ было опредѣлено. Наконецъ кубъ поворотили на 90°, такъ что волокна его остались вертикальными, и направленіе, по которому распространялась теплота, было перпендикулярно къ волокнамъ и слоямъ, и отклоненіе стрѣлки также было замѣчено. Для сравненія скоростей распространенія теплоты, въ послѣднихъ двухъ случаяхъ нужно производить опытъ весьма тща-

тельно; между тѣмъ какъ можно безъ труда показать, что скорость распространенія теплоты вдоль волоконъ превосходитъ эти скорости по всѣмъ другимъ направленіямъ. Но скорости по всѣмъ направленіямъ, перпендикулярнымъ къ волокнамъ, такъ близко подходятъ одна къ другой, что только при большихъ стараніяхъ и многочисленныхъ опытахъ можно опредѣлить разность между ними.

Слѣдующая таблица заключаетъ въ себѣ нѣкоторые результаты изслѣдованія. Она говоритъ сама за себя:

НАЗВАНІЕ ДЕРЕВЬЕВЪ.	ОТКЛОНЕНІЯ.		
	I. параллельныя волокну.	II. перпендикулярныя къ волокну и параллельныя деревянистымъ слоямъ.	III. перпендикулярныя къ волокну и деревянистымъ слоямъ.
	°	°	°
1. Американская береза	35	9,0	11,0
2. Дубъ	34	9,5	11,0
3. Букъ	33	8,8	10,8
4. Коромандельское дерево .	33	9,8	12,3
5. Кленъ	31	11,0	12,0
6. Буксовое дерево.	31	9,9	12,0
7. Тиковое дерево.	31	9,9	12,4
8. Розовое дерево .	31	10,4	12,6
9. Перувіанское дерево	30	10,7	11,7
10. Ямайскій желтодревникъ.	29	11,4	12,6
11. Орѣхъ .	28	11,0	13,0
12. Висящій ясень	28	11,0	12,0
13. Кокосовое дерево	28	11,9	13,6
14: Сандальное дерево .	28	10,0	11,7
15. Тюльпанное дерево	28	11,0	12,1
16. Камфорное дерево .	28	8,6	10,0
17. Оливковое дерево	28	10,5	13,2
18. Ясень	27	9,5	11,5
19. Черный дубъ	27	8,0	9,4
20. Яблоня	26	10,0	12,5
21. Желѣзное дерево	26	10,2	12,4
22. Каштанъ .	26	10,1	11,5
23. Дикая смоковница . . .	26	10,6	12,2

Переносъ.

Переносъ.

24. Гондурское красное дерево	25	9,0	10,0
25. Бразильское дерево	25	11.9	13,9
26. Тисъ	24	11,0	12,0
27. Вязъ	24	10,0	11,5
28. Чинаръ.	24	10,0	12,0
29. Португальскій лавръ	24	10,0	11,5
30. Испанское красное дерево	23	11,5	12,5
31. Сосна	22	10,0	12,0

Приведенная таблица подтверждаетъ найденные Деларивомъ и Декандолемъ результаты относительно большей теплопроводности дерева по направленію волоконъ. Она показываетъ также, какъ мало плотность имѣетъ вліянія на скорость распространенія теплоты. Въ этомъ отношеніи нѣтъ по видимому ни закона, ни общаго правила. Американская береза, сравнительно легкое дерево, обладаетъ несомнѣнно большею теплопроводностью, чѣмъ какое-либо другое дерево, означенное въ спискѣ. Желѣзное дерево, напротивъ, при удѣльномъ вѣсѣ —1,426 стоитъ ниже. Дубъ и короманцельское дерево — послѣднее такъ крѣпко и плотно, что употребляется дикими племенами для приготовленія оружія—помѣщены вверху таблицы, между тѣмъ какъ сосна и другія легкія деревья стоятъ ниже.

Если мы взглянемъ на второй и третій столбцы таблицы, въ которыхъ показана скорость распространенія теплоты по направленіямъ, перпендикулярнымъ къ волокнамъ, то найдемъ что во всѣхъ случаяхъ скорость по направленію, перпендикулярному къ древеснымъ слоямъ, больше. Законъ распространенія въ деревѣ молекулярнаго движенія, называемаго нами теплотою, можно слѣдовательно выразить такъ:

Дерево во всѣхъ точкахъ, не лежащихъ въ его центрѣ, имѣетъ три неодинаковыя оси теплопроводности, которыя взаимно перпендикулярны. Первая и главная ось параллельна волокну дерева; другая, средняя, перпендикулярна къ волокну и древеснымъ слоямъ, тогда какъ третья ось — перпендикулярна къ волокну и параллельна слоямъ.

Деларивъ и Декандоль замѣтили, что слабая теплопроводность по направленіямъ, перпендикулярнымъ къ волокнамъ, оказываетъ большое вліяніе на предохраненіе дерева отъ потери теплоты, сообщаемой ему почвою. Въ слѣдствіе такого свойства дерево можетъ противостоять внезапнымъ измѣненіямъ температуры, которыя вѣроятно были бы ему

вредны; оно также противостоитъ внезапному отвлеченію теплоты изнутри и внезапному притоку ея извнѣ. Но природа на этомъ не остановилась; она одѣла дерево покровомъ изъ матеріала, хуже пропускающаго теплоту, нежели само дерево даже въ самомъ невыгодномъ направленіи. Надъ нѣсколькими кубами изъ коры, одинаковыми по объему съ деревянными производили такіе же опыты, какъ и надъ деревомъ, и замѣтили слѣдующія отклоненія:

	Отклоненіе.	Соотвѣтствующее отклоненіе при употребленіи дерева
Березовая кора.	7°	10,8°
Дубовая кора	7°	11,0°
Кора вяза	7°	11,5°
Сосновая кора	7°	12,0°

Движеніе распространяется въ этихъ случаяхъ по направленію отъ внутренней поверхности коры къ наружной.

Можно взять за среднюю величину отклоненій, производимыхъ теплотою, проходящею чрезъ кубъ по боковымъ направленіямъ, 12°; кубъ горнаго хрусталя (чистаго кремнезема) того-же объема производитъ отклоненіе до 90°. Два такія различныя тѣла, если покрываютъ значительную часть земной поверхности, должны разно вліять на климатъ Есть много основаній продполагать, что горный хрусталь обладаетъ большею теплопроводностію, чѣмъ нѣкоторые металлы.

Слѣдующія числа выражаютъ теплопроводность пяти другихъ органическихъ тѣлъ: кубы этихъ веществъ были испытаны обыкновеннымъ способомъ.

Зубъ моржа	16
Клыкъ остъ-индскаго слона	17
Китовый усъ	9
Рогъ носорога.	9
Коровій рогъ	9

Внезапныя измѣненія температуры вредны для здоровья животныхъ и растеній, и органическія ткани построены изъ тѣхъ именно веществъ, которыя, какъ показываютъ наблюденія, наилучше противостоятъ такимъ перемѣнамъ. Слѣдующими результатами это еще болѣе объяснится. Каждому изъ упомянутыхъ веществъ дали кубическую форму и испытывали

его совершенно такимъ способомъ, какимъ испытывали дерево и кварцы. Кубъ кварца производитъ отклоненіе до 90°, между-тѣмъ какъ кубъ

Сургуча производитъ отклоненіе	0°
Подошвенная кожа	0°
Пчелиный воскъ	0°
Клей	0°
Гутта-перча.	0°
Резина	0°
Лещинный орѣхъ	0°
Миндаль	0°
Вареный окорокъ	0°
Сырая телятина	0°

Названныя здѣсь вещества — животные и растительные продукты, и опыты показываютъ чрезвычайно дурную проводимость каждаго изъ нихъ для теплоты.

Я хочу теперь обратить ваше вниманіе на то, что можетъ показаться съ перваго взгляда парадоксальнымъ опытомъ. Вотъ двѣ короткія призмы одинаковаго объема: одна изъ нихъ желѣзная, другая сдѣлана изъ висмута. Я покрываю концы обѣихъ призмъ бѣлымъ воскомъ; потомъ ставлю ихъ, обращая въ верхъ покрытыми концами, на крышку сосуда, содержащаго въ себѣ горячую воду. Движеніе теплоты распространится по призмамъ, и вы замѣтите растапливаніе воска. Онъ уже началъ распускаться, но на которомъ изъ металловъ? На висмутѣ. Вотъ совершенно исчезъ на немъ бѣлый цвѣтъ, и воскъ представляется въ видѣ прозрачнаго жидкаго слоя тогда какъ на желѣзѣ онъ еще не растопился. Какимъ образомъ согласить это съ фактомъ, указаннымъ въ нашей таблицѣ (165 стр.) что теплопроводность желѣза 12, а висмута только 2? Въ этомъ опытѣ висмутъ кажется лучшимъ проводникомъ.

Загадку эту мы разрѣшимъ, обратившись къ таблицѣ, показывающей удѣльныя теплоты тѣлъ (лекція V). изъ нея видно, что удѣльная теплота желѣза выражается числомъ 1138, между тѣмъ какъ она равна 308 для висмута. Поэтому на возвышеніе температуры желѣза на извѣстное число градусовъ потребуется почти въ четыре раза болѣе теплоты, чѣмъ для такого же возвышенія температуры висмута. Такимъ образомъ, хотя желѣзо дѣйствительно гораздо лучшій проводникъ, нежели висмутъ, и въ настоящую минуту принимаетъ въ каждую единицу времени гораздо

большее количество теплоты, чѣмъ висмутъ, но температура желѣза вслѣдствіе большаго числа его атомовъ, или величины его внутренней работы возвышается медленно. Въ висмутѣ, напротивъ, большая часть сообщаемой ему теплоты идетъ на увеличеніе его температуры, и такимъ образомъ онъ, повидимому, перегоняетъ желѣзо въ распространеніи того движенія, отъ котораго зависитъ температура.

Вы ясно видите теперь неправильности положеній, встрѣчаемыхъ иногда въ книгахъ и дѣлаемыя, конечно, очень часто нашими учеными изслѣдователями, какъ напримѣръ въ опытѣ Ингенгауза, о которомъ я уже говорилъ. Обыкновенно полагаютъ, что чѣмъ съ большею быстротою распускается воскъ на какомъ нибудь веществѣ, тѣмъ лучшій оно проводникъ. Это такъ, если дурной и хорошій проводники имѣютъ одинаковую удѣльную теплоту; но въ иномъ случаѣ, какъ доказывается послѣднимъ опытомъ, это совершенно несправедливо. Надлежащій способъ изслѣдованія, какъ уже сказано, состоитъ въ томъ, чтобы ждать, пока желѣзо и висмутъ не достигнутъ постоянной температуры, пока каждый изъ обоихъ металловъ не приметъ въ себя и не распространитъ всего движенія, какое онъ можетъ принять, или распространить отъ источника теплоты. Послѣ этого мы находимъ, что количество теплоты въ желѣзѣ въ шесть разъ болѣе количества въ висмутѣ.

Вы помните опыты надъ приборомъ Травеліана и знаете, какую пользу можно извлечь изъ сильно расширяющагося тѣла, употребляя его какъ подставку колебателя. Свинецъ удобенъ, потому что онъ такъ расширяется. Но коэффиціентъ расширенія цинка нѣсколько выше коэффиціента расширенія свинца, а между тѣмъ первый не годится для подставки. Дѣло въ томъ, что удѣльная теплота цинка въ три раза болѣе удѣльной теплоты свинца, такъ что теплота, сообщаемая цинку прикосновеніемъ колебателя, возвышаетъ температуру его только на третью часть и производитъ соотвѣтственно небольшое мѣстное расширеніе.

Эти разсужденія показываютъ также, что въ нашихъ опытахъ надъ деревомъ количество теплоты, распространяющейся въ продолженіи минуты по кубу, не можетъ быть въ точности разсматриваемо, какъ выраженіе теплопроводности дерева; послѣднее было бы справедливо только въ томъ случаѣ, еслибы удѣльная теплота различныхъ деревьевъ была одинакова. Что же касается вліянія строенія дерева на теплопроводность, то опыты удерживаютъ свое значеніе, потому что тутъ мы сравниваемъ разныя линіи одну съ другой въ одномъ и томъ же кубѣ. Въ отношеніи органическихъ я могу еще прибавить, что даже, давъ имъ

время принять въ себя столько движенія отъ источника теплоты, сколько они могутъ, мы все таки найдемъ ихъ способность распространять движеніе очень слабою. Они дѣйствительно дурные проводники.

Дурная теплопроводность шерстяныхъ тканей дѣлаетъ ихъ чрезвывычайно удобными для платьевъ; онѣ предохраняютъ тѣло отъ внезапнаго согрѣванія и воезапной потери теплоты. Та же самая дурная теплопроводность замѣчается, когда мы заворачиваемъ въ фланель кусокъ льда; защищенный такимъ образомъ, онъ не скоро таетъ. Шерстяное платье, покрывая тѣло человѣка въ холодный день, отвращаетъ распространеніе движенія изнутри къ наружи; такая-же ткань, обвертывающая ледъ въ теплый день, отвращаетъ распространеніе движенія снаружи внутрь. Природа снабдила животныхъ, населяющихъ холодныя страны, необходимою для нихъ одеждою. Птицы преимущественно нуждаются въ этой защитѣ, такъ какъ кровь ихъ еще теплѣе, чѣмъ у млекопитающихъ. Онѣ снабжены перьями, а промежутки между ними наполнены пухомъ, частичный составъ и механическое строеніе котораго дѣлаютъ его, быть можетъ, худшимъ изо всѣхъ проводниковъ. Вотъ еще примѣръ того согласія отношеній жизни къ условіямъ жизни, которое безпрестанно представляется взорамъ естествоиспытателя.

Неутомимый Румфордъ произвелъ цѣлый рядъ опытовъ надъ теплопроводностью веществъ, употребляемыхъ для одежды. Способъ, принятый имъ, былъ слѣдующій: онъ помѣщалъ ртутный термометръ въ стеклянную трубку, оканчивающуюся шаромъ такъ, чтобы центръ шарика термометра находился въ центрѣ шара стеклянной трубки. Пространство между внутреннею поверхностію этого послѣдняго и шарикомъ термометра наполнялось веществомъ, теплопроводность котораго нужно было опредѣлить. Онъ согрѣвалъ приборъ горячею водою, и опустивъ его потомъ въ охлаждающую смѣсь, состоящую изъ толченаго льда и соли, замѣчалъ времена охлажденія на 135° F. Времена эти означены на слѣдующей таблицѣ

				Секунды.
Сученый шолкъ	—	—	—	917
Ленъ	—	—	—	1032
Вата	—	—	—	1046
Шерсть	—	—	—	1118
Тафта	—	—	—	1169
Сырецъ	—	—	—	1264
Бобровый мѣхъ		—	—	1296

Гагачій пухъ	—	—	—	1305
Заячій мѣхъ	—	—	—	1312
Зола дерева	—	—	—	927
Древесный уголь		—	—	937
Сажа —	—	—	—	1117

Изъ всѣхъ изслѣдуемыхъ здѣсь веществъ, заячій мѣхъ представилъ наибольшее препятствіе къ распространенію теплоты.

Но на распространеніе теплоты имѣетъ громадное вліяніе механическое состояніе тѣла, по которому она проходитъ. Сырецъ и крученый шолкъ, означенные въ таблицѣ Румфорда, показываютъ это.

Чистый кремнеземъ, въ состояніи твердаго горнаго хрусталя, лучше проводитъ теплоту, чѣмъ висмутъ, или свинецъ; но если этотъ кристаллъ превратить въ порошокъ, то теплота будетъ распространяться въ немъ чрезвычайно медленно. По прозрачной каменной соли теплота проходитъ свободно, а по обыкновенной поваренной очень слабо. Вотъ асбестъ, состоящій изъ кремнистыхъ волоконъ; я кладу его на руку, а на него помѣщаю до красна нагрѣтый желѣзный шаръ: видите, я безъ затрудненія могу держать этотъ шаръ. Асбестъ задерживаетъ теплоту, и справедливо можно заключить, что распространенію ея мѣшаетъ раздѣленность этого вещества. Теплота есть движеніе, и все, что разрушаетъ непрерывность молекулярной цѣпи, вдоль которой распространяется это движеніе, препятствуетъ его распространенію. Въ асбестѣ кремнистыя волокна отдѣляются другъ отъ друга воздухомъ, вслѣдствіе чего движеніе, распространяясь должно переходить отъ кремнезема къ воздуху, очень легкому тѣлу, и опять отъ воздуха къ кремнезему, сравнительно тяжелому тѣлу. Легко понять, что движеніе должно итти съ большимъ затруднененіемъ по предмету, имѣющему такое сложное строеніе. Это наиболѣе замѣчается въ мѣхахъ животныхъ. Здѣсь кромѣ воздуха, находящагося между волосами, сами волоса очень дурные проводники Извѣстно, что лава протекала по слою золы подъ которымъ находился ледъ; и дурная теплопроводность золы предохранила ледъ отъ таянія. До красна нагрѣтыя ядра можно подвозить къ пушкѣ на деревянныхъ тачкахъ, частью наполненныхъ пескомъ. Для предохраненія льда отъ таянія, его окружаютъ мыльною пѣною; порошокъ древеснаго угля также чрезвычайно дурной проводникъ. Но иногда употребленіе опилокъ, мелкой соломы, древеснаго угля не совсѣмъ безопасно, вслѣдствіе ихъ горючести. Въ такихъ случаяхъ они съ выгодою могутъ быть замѣнены

порошкомъ гипса. Кристаллъ гипса несравненно хуже проводитъ теплоту, чѣмъ кремнеземъ, и можно безошибочно предположить, что въ порошкѣ своею дурною проводимостью теплоты онъ значительно превосходитъ песокъ, каждое зерно котораго хорошій проводникъ. Слой гипсоваго порошка, покрывъ паровой котелъ, значительно уменьшилъ бы потерю его теплоты.

Вода содержитъ обыкновенно въ растворѣ нѣкоторые минералы. Просачиваясь сквозь землю, она растворяетъ болѣе, или менѣе вещества, къ которымъ прикасается; такъ напримѣръ въ мѣловыхъ пластахъ вода всегда содержитъ нѣкоторое количество углекислой соли извести. Такая вода называется твердою водою. Сѣрнокислая соль извести также составляетъ обыкновенную примѣсь воды. При испареніи вода улетучивается, а минералъ остается на мѣстѣ, и часто въ количествѣ слишкомъ большомъ для того, чтобы оно могло раствориться въ водѣ.

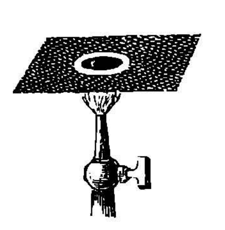
Многіе источники такъ напитаны углекислою солью извести, что когда воды ихъ достигаютъ поверхности земли и выставляются на воздухъ, гдѣ онѣ могутъ частью испаряться, то минералъ осаждается и образуетъ слой извести на поверхности растеній и камней, по которымъ течетъ вода. При кипѣніи воды происходитъ тоже самое; минералы осаждаются, и едва-ли найдется въ Лондонѣ котелъ, который бы не былъ покрытъ внутри минеральною накипью. Это представляетъ большія неудобства; накипь дурной проводникъ и она бываетъ иногда такъ толста, что дѣйствительно можетъ задерживать доступъ теплоты къ водѣ. Вотъ примѣръ такого дѣйствія. Вотъ обломокъ котла, принадлежавшаго пароходу, который погибъ вслѣдствіе истощенія запасовъ угля. Чтобы привести судно въ гавань, сожгли все находившееся на немъ дерево. При изслѣдованіи нашли внутри котла эту громадную накипь; она состоитъ преимущественно изъ углекислой извести, вслѣдствіе дурной теплопроводности которой требуется слишкомъ много топлива на образованіе необходимаго количества пара. Медленность, съ которою закипаетъ вода во многихъ котлахъ, зависитъ, безъ сомнѣнія, отъ подобной же причины.

Я хочу теперь представить вамъ одинъ или два примѣра дѣйствія хорошихъ проводниковъ, которые предупреждаютъ мѣстное накопленіе теплоты. Вотъ два шара одинаковаго объема, сплошь покрытыхъ бѣлою бумагою. Одинъ изъ нихъ мѣдный, другой деревянный. Я помѣщаю спиртовую лампу подъ каждымъ изъ нихъ, и черезъ нѣсколько времени

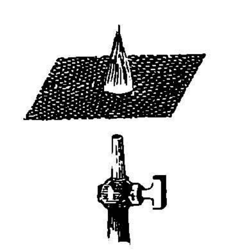
мы замѣтимъ дѣйствіе. Движеніе теплоты естественно сообщается обоимъ шарамъ, но въ одномъ изъ нихъ оно быстро проходитъ отъ мѣста, на которое дѣйствуетъ лампа, по всей массѣ; въ другомъ нѣтъ такого быстраго распространенія, и движеніе собирается въ той точкѣ шара, на которую дѣйствуетъ пламя. Я поворачиваю деревянный шаръ — бѣлая бумага его совершенно обуглена; я поворачиваю другой шаръ, — онъ не только не обугленъ, но даже смоченъ на своей нижней поверхности сгустившимися водяными парами, произведенными лампою. Вотъ цилиндръ сплошь покрытый бумагою; я держу его средину надъ лампою и поворачиваю такъ, чтобы пламя касалось его кругомъ. Вы видите ясно обозначенную черную полоску, по одной сторонѣ которой бумага обуглилась, а по другой нѣтъ. Половина цилиндра мѣдная, другая половина деревянная и эта черная полоска показываетъ линію ихъ соединенія; бумага, покрывающая деревообуглилась; на бумагу покрывающую мѣдь, пламя не имѣло такого сильнаго дѣйствія.

Движущая сила обыкновенной ружейной пули, сообщившись тяжелому пушечному ядру, произвела бы въ послѣднемъ очень слабое движеніе. Если предположить вѣсъ ружейной пули въ двѣ унціи и скорость въ 1600 футовъ въ секунду, то движущая сила этой пули, сообщившись стофунтовому пушечному ядру, сообщитъ ему скорость только 32 ф. въ секунду. Тоже самое по отношенію къ пламени: его частичное движеніе очень сильно, но вѣсъ чрезвычайно малъ, и когда движеніе сообщается тяжелому тѣлу, напряженность его должна уменьшаться. Вотъ кусокъ проволочной сѣтки, петли которой настолько широки, что воздухъ можетъ проходить черезъ нихъ совершенно свободно; а вотъ рожокъ ярко пылающаго газа. Я опускаю проволочную сѣтку на пламя. Можно думать, что пламя быстро пройдетъ черезъ петли сѣтки. Но нѣтъ: пламя не проходитъ сквозь сѣтку (фиг. 69). Горѣніе совершенно

Фиг. 69.



Фиг. 70



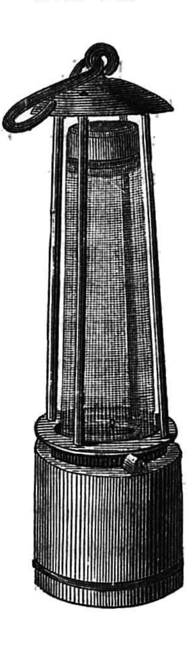
ограничивается пространствомъ подъ сѣткою. Потушивъ пламя и предоставивъ не зажженному газу выйти изъ рожка, я помѣщаю надъ этимъ послѣднимъ проволочную сѣтку, черезъ петли которой, я знаю, газъ теперь проходитъ свободно. Я зажигаю газъ сверху, пламя остается здѣсь, нераспространяясь внизъ къ рожку (фиг. 70) Вы видите темное пространство въ 4 д. между рожкомъ и сѣткою. Пространство наполнено газомъ, состояніе котораго чрезвычайно благопріятно воспламененію, но который еще не загорается. Такимъ образомъ металлическая сѣтка, свободно пропуская газъ черезъ свои петли, задерживаетъ пламя. А почему? Для воспламененія газа необходима извѣстная теплота; но помѣщая проволочную сѣтку надъ пламенемъ или пламя надъ сѣткою, мы передаемъ движеніе этого легкаго дрожащаго вещества сравнительно тяжелой сѣткѣ. Напряженность частичнаго движенія значительно уменьшается, сообщаясь такой большой массѣ вещества. Она уменьшается на столько, что не въ состояніи распространить горѣнія по другую сторону сѣтки.

Мы слишкомъ хорошо знакомы съ ужасными случаями взрывовъ въ каменноугольныхъ копяхъ. Вы знаете, что причина этихъ взрывовъ есть присутствіе извѣстнаго газа — смѣси углерода съ водородомъ, образующагося въ слояхъ угля. Этотъ газъ, смѣшиваясь съ достаточнымъ количествомъ воздуха, загорается, причемъ углеродъ, соединяясь съ кислородомъ воздуха, образуетъ углекислоту, а водородъ газа, соединяясь съ кислородомъ воздуха, образуетъ воду. При взрывахъ пламя сожигаетъ рудокоповъ; но если даже оно не лишаетъ ихъ жизни, то они часто потомъ задыхаются отъ угольной кислоты Сэръ Гемфри Деви, убѣдившись въ дѣйствіи проволочной сѣтки — я вамъ уже ее показывалъ, — воспользовался ею для устройства лампы, которая бы могла свѣтить рудокопу въ атмосферѣ, постоянно готовой загорѣться. До введенія предохранительной лампы, рудокопъ долженъ былъ довольствоваться свѣтомъ искръ, производимыхъ ударомъ кремня о сталь, потому что эти искры, какъ нашли, не могли зажечь рудничнаго газа.

Деви накрылъ обыкновенную лампу цилиндрической проволочной сѣткой (фиг. 71). До тѣхъ поръ, пока вокругъ лампы находится чистый воздухъ, она горитъ обыкновеннымъ пламенемъ масла, но когда рудокопъ входитъ съ ней въ атмосферу, содержащую рудничный газъ, пламя расширяется и становится менѣе яркимъ; вмѣсто кислорода, лампу частью окружаетъ горючій газъ. Это должно служить рудокопу знакомъ для удаленія. Хотя горючая атмосфера можетъ проникнуть че-

резъ петлю сѣтки внутрь лампы, но огонь не распространяется за предѣлы сѣтки. Пламя лампы можетъ быть почти безсвѣтно, и все таки не происходитъ взрыва. Порча въ сѣткѣ, уничтоженіе проволоки въ нѣкоторыхъ мѣстахъ вслѣдствіе окисленія, ускоряемаго дѣйствіемъ на сѣтку огня, причиняетъ взрывъ. Движеніе лампы можетъ также механически заставить пламя пройти сквозь сѣтку. Короче, необходимо нѣкоторое умѣніе и осторожность при употребленіи лампы. Къ несчастью рудокопъ не всегда обладаетъ свѣденіями, не всегда поступаетъ осторожно, вслѣдствіе чего даже послѣ введенія предохранительной лампы случаются взрывы. Прежде нежели позволить человѣку или мальчику войти въ мину, не хорошо-ли было бы показать ему на опытѣ какъ нужно обращаться съ лампою? Одинъ совѣтъ не усилитъ осторожности; но представьте рудокопу ясный, живой образъ того, чего онъ можетъ ожидать, и это будетъ вліять на него долго послѣ того, какъ дѣйствіе предостерегательныхъ словъ совершенно пройдетъ.

Фиг. 71.



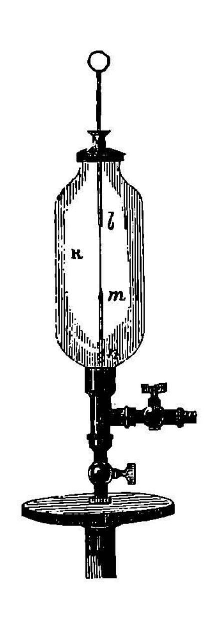
Теперь нѣсколько словъ о теплопроводности жидкостей и газовъ. Румфордъ сдѣлалъ много опытовъ касательно этого предмета, показавъ при этомъ всю ясность своихъ представленій и искусство въ производствѣ опытовъ. Онъ нашелъ, что жидкости вовсе не проводятъ теплоты, ясно различая перенесеніе теплоты вмѣстѣ съ самымъ нагрѣтымъ веществомъ отъ проводимости, и, чтобы предотвратить перенесеніе нагрѣтыхъ частей жидкостей, онъ согрѣвалъ ихъ сверху. Такимъ образомъ онъ нашелъ, что теплота нагрѣтаго желѣзнаго цилиндра не могла распространиться внизъ по деревянному маслу на 0,2 дюйма. Онъ также кипятилъ воду въ стеклянной трубкѣ, на днѣ которой находился ледъ, который при этомъ не распускался.

Послѣдніе опыты Депретца показываютъ, однако, что жидкости на самомъ дѣлѣ обладаютъ хотя чрезвычайно слабою способностію проводить теплоту. Румфордъ отрицалъ также теплопроводность газовъ, хотя былъ хорошо знакомъ съ конвекціею ихъ, то есть съ перенесеніемъ нагрѣтыхъ частицъ изъ одного мѣста въ другое. Берлинскій профессоръ Магнусъ недавно занимался этимъ предметомъ; онъ находитъ въ своихъ

опытахъ доказательства того, что водородный газъ проводитъ теплоту подобно металлу (*).

Можно показать охлаждающее дѣйствіе воздуха слѣдующимъ образомъ: вотъ спиральная платиновая проволока, черезъ которую я пропускаю электрическій токъ до тѣхъ поръ, пока она не разогрѣется до красна. Растягиваю спираль и образую изъ нея прямую проволоку: свѣтъ тотчасъ уменьшается — вы едва его теперь замѣчаете. Такое дѣйствіе происходитъ единственно отъ болѣе свободнаго доступа холоднаго воздуха къ растянутой проволокѣ. Вотъ еще стеклянное яйцо *R* (фиг. 72), изъ котораго можно по произволу вытягивать воздухъ; ко дну его прикрѣпленъ вертикально металлическій столбикъ *mn*; черезъ непроницаемую для воздуха крышку сосуда проходитъ другой такой же столбъ *ab*, который можно двигать вверхъ и внизъ и приближать такимъ образомъ концы обоихъ столбиковъ на нужное разстояніе другъ отъ друга. Теперь столбики соединены платиновою проволокою *bm* имѣющею два дюйма длины, которую я могу нагрѣвать электрическимъ токомъ. Я соединяю этотъ приборъ съ маленькою баттареею; токъ отъ одной банки пропущенъ сквозь проволоку, и она едва свѣтитъ на столько, чтобы ее можно было видѣть. Она окружена воздухомъ, который безъ сомнѣнія, поглощаетъ часть теплоты. Я выкачиваю воздухъ изъ яйца — проволока свѣтитъ ярче прежняго; предоставляю воздуху войти — проволока дѣлается совершенно темною; но какъ скоро пересталъ входить воздухъ, прежній слабый свѣтъ ея воз-

Фиг. 72.



(*) Химическія свойства водорода указываютъ на эту способность его проводить теплоту лучше другихъ газовъ. Во всѣхъ химическихъ соединеніяхъ водородъ играетъ роль металловъ и можетъ замѣнять ихъ, и обратно. Такъ изъ водной кислоты, при замѣненіи въ ней водорода металломъ, получается соль этого металла. При замѣненіи въ хлористо-водородной или соляной кислотѣ водорода какимъ-нибудь металломъ, получается хлористый металлъ. На оборотъ: замѣняя водородъ въ водѣ металломъ получимъ окись металла. По-этому воду можно назвать окисью водорода.

А. Ш.

становился. Когда воздухъ движется, это способствуетъ удаленію частицъ нагрѣвшагося воздуха. Охлажденіе проволоки въ обоихъ случаяхъ зависитъ отъ перенесенія нагрѣтыхъ частицъ воздуха, отъ конвекціи, а не отъ проводимости. Тоже самое дѣйствіе обнаружится въ большей степени, если замѣнить воздухъ водородомъ.

Мы обязаны Грове этимъ интереснымъ наблюденіемъ, которое служило исходнымъ пунктомъ для изслѣдованій Магнуса. Колоколъ теперь выкачанъ, и проволока раскалилась почти до бѣла. Воздухъ можетъ только измѣнить бѣлый свѣтъ ея въ красный, но посмотримъ, что можетъ сдѣлать водородъ. При входѣ этого газа, проволока совершенно гаснетъ и даже послѣ того, какъ колоколъ наполнится имъ и прекратится теченіе газа, свѣтъ проволоки не возстановляется. Электрическій токъ идетъ теперь къ проволокѣ отъ двухъ банокъ; я прибавляю третью банку, и проволока свѣтитъ слабѣе, при пяти банкахъ она свѣтитъ ярче, но и тогда принимаетъ только красный цвѣтъ. Не будь здѣсь водорода, электрическій токъ, проходя черезъ проволоку, непремѣнно расплавилъ бы ее. Въ этомъ мы можемъ тотчасъ же убѣдиться. Я начинаю выкачивать газъ — первые пять ударовъ поршня производятъ едва замѣтное дѣйствіе, но я продолжаю двигать поршень, и теперь дѣйствіе становится видимымъ. Проволока бѣлѣетъ и, какъ кажется, утолщается; — тѣмъ, которые находятся отъ нее на нѣкоторомъ разстояніи, она представляется толстою какъ гусиное перо. Теперь свѣтъ ея самый сильный; я продолжаю дѣйствовать поршнемъ — свѣтъ внезапно исчезаетъ, такъ какъ проволока расплавилась. Это необыкновенное охлаждающее свойство водорода обыкновенно приписывали подвижности его частицъ, вслѣдствіе которой теченія газа около нагрѣтой проволоки совершаются съ большею легкостію въ этомъ газѣ нежели въ другихъ. Но профессоръ Магнусъ принимаетъ охлажденіе проволоки за дѣйствіе теплопроводности. Чтобы затруднить, если не предотвратить, движеніе газа, онъ помѣщаетъ платиновую проволоку въ узкую стеклянную трубку, которую наполняетъ водородомъ. Хотя въ этомъ случаѣ проволока окружена только оболочкою газа, и трудно предполагать существованіе движеній водорода, оболочка эта оказывается способною потушить проволоку также, какъ бы эта послѣдняя находилась въ большомъ сосудѣ, наполненномъ газомъ. Онъ согрѣвалъ закрытую верхушку сосуда и нашелъ, что теплота быстрѣе сообщалась термометру, помѣщенному внизу на нѣкоторомъ разстояніи отъ источника теплоты, когда сосудъ былъ наполненъ водородомъ, нежели тогда, когда въ немъ находился воздухъ.

Магнусъ нашелъ тоже самое и тогда, когда сосудъ былъ наполненъ ватою или гагачьимъ пухомъ. Здѣсь, говоритъ онъ, не могло происходить движенія газа, и теплота должна была сообщаться термометру вслѣдствіе проводимости ея, а не вслѣдствіе перенесенія нагрѣтыхъ частицъ изъ одного мѣста въ другое.

Какъ ни хороши и ни остроумны эти опыты, я не думаю, чтобы они убѣдительно доказывали теплопроводность водорода. Въ первомъ опытѣ Магнуса около проволоки образуются теченія водорода и теплота переносится. Куда разсѣянная такимъ образомъ теплота, идетъ напослѣдокъ? Очевидно, къ стѣнкамъ цилиндра, и съуживая цилиндръ, мы ускоряемъ сообщеніе этой теплоты стѣнкамъ; хотя бы при этомъ цилиндръ превратился въ узкую трубку, — перенесеніе теплоты отъ средины къ стѣнкамъ трубки будетъ продолжаться и будетъ по прежнему охлаждать проволку. Температура газа, прикасающагося къ трубкѣ, тотчасъ понижается, и такимъ образомъ газъ снова можетъ охлаждать проволоку. Въ томъ же опытѣ, гдѣ нагрѣвается крышка сосуда, для того, чтобы совершенно избѣгнуть перенесенія нагрѣтыхъ частицъ, нужно бы употреблять совершенно горизонтальную крышку и только одну эту крышку нагрѣвать. Даже въ томъ случаѣ, когда сосудъ наполненъ гагачьимъ пухомъ или ватою, движеніе частицъ водорода можетъ происходить и, слѣдовательно, можетъ происходить охлажденіе. Принимая все это во вниманіе, я не могу считать вопросъ о проводимости газовъ окончательно рѣшеннымъ.

ЛЕКЦІЯ VIII.

Охлажденіе есть потеря движенія. Чему сообщается теряемое движеніе. Опыты надъ звукомъ и свѣтомъ, касающіеся этого вопроса. Теоріи истеченія и волнообразнаго движенія. Длина волнъ и число колебаній свѣта. Физическая причина цвѣтовъ. Невидимые лучи. Лучи теплоты по ту сторону краснаго цвѣта. Химическіе лучи по ту сторону фіолетоваго цвѣта. Опредѣленіе лучистой теплоты. Лучистая теплота отражается отъ плоскихъ и кривыхъ поверхностей по тѣмъ же законамъ, какъ и свѣтъ. Сопряженныя зеркала.

Мы дошли до границы одного изъ двухъ большихъ отдѣловъ нашего предмета: до сихъ поръ мы разсматривали теплоту когда она находится въ твердыхъ, жидкихъ или газообразныхъ тѣлахъ. Мы нашли, что она можетъ производить измѣненія въ ихъ объемѣ. Мы видѣли также, что теплота превращаетъ твердыя тѣла въ жидкости, а жидкости въ пары; мы видѣли, что она распространяется въ твердыхъ тѣлахъ вслѣдствіе проводимости и распредѣляется въ жидкостяхъ и газахъ вслѣдствіе удобоподвижности ихъ частицъ.

Теперь прослѣдимъ ее при условіяхъ, отличныхъ отъ доселѣ разсмотрѣнныхъ. Повѣсимъ этотъ раскаленный мѣдный шаръ. Вы видите, онъ сперва имѣетъ ярко-красный цвѣтъ, затѣмъ темнѣетъ, потому, говорятъ, что онъ охлаждается. Принимая во вниманіе, что было сказано о сущности теплоты, мы должны разсматривать это охлажденіе какъ потерю движенія. Но движеніе не можетъ быть абсолютно потеряно: когда оно теряется однимъ тѣломъ, оно сообщается другимъ. Чему же передаются движенія частичекъ шара, тѣ движенія, отъ которыхъ зависѣло его нагрѣваніе?

Вы можетъ быть отвѣтите—въ воздухъ, окружающій ядро, — и это отчасти справедливо. Нагрѣтый столбъ воздуха подымается надъ

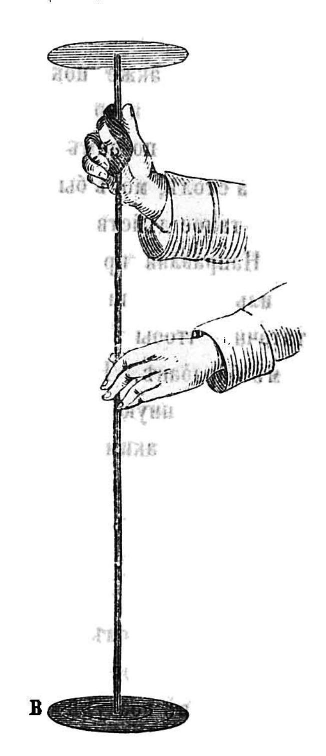
раскаленнымъ шаромъ, и мы можемъ видѣть это на экранѣ, когда пустимъ пучекъ электрическаго свѣта сквозь нагрѣтый воздухъ.

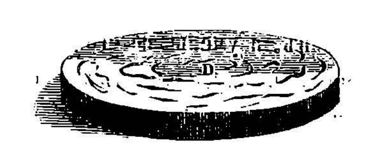
Но не вся теплота, даже не главная часть движенія частичекъ шара теряется такимъ образомъ. Еслибы ядро повѣсить въ совершенной пустотѣ, то и тогда оно скоро бы простыло. Румфордъ, о которомъ мы уже много разъ говорили, пробовалъ повѣсить маленькій термометръ на тонкой шелковинкѣ, въ серединѣ совершенно пустаго стекляннаго шара, и нашелъ, что теплые лучи проходили черезъ пустоту, чѣмъ доказывается, что теплота не исключительно проводится черезъ воздухъ. Дэви показалъ, посредствомъ особаго аппарата, что лучи теплоты отъ электрическаго свѣта свободно проходятъ черезъ пространство, изъ котораго вытянутъ воздухъ, и мы можемъ теперь же повторить его опытъ. Я беру стеклянное яйцо, которое мы употребляли въ прошлый разъ (фиг. 72), и привязываю къ концамъ обоихъ прутовъ *mn* и *ad* кусочки угля. Вытянемъ воздухъ изъ яйца, соединимъ куски угля и пустимъ токъ. Когда я отодвигаю угольныя острія одно отъ другого такъ, чтобы между ними образовался маленькій промежутокъ, то появляется электрическая искра, и когда лучи отъ нея падаютъ на термоэлектрическій столбикъ, то стрѣлка гальванометра сейчасъ уклоняется въ сторону. Вы видите, что это отклоненіе произведено лучами, прошедшими черезъ пустое пространство.

Но чему же передаются движенія частичекъ охлаждающагося ядра, если не всѣ они передаются воздуху? На этотъ вопросъ отвѣчать легко теперь, когда намъ извѣстенъ способъ распространенія звука въ воздухѣ. Замѣчателенъ въ этомъ отношеніи опытъ сдѣланный Гауксби предъ королевскимъ обществомъ въ 1705 г. Опытъ этотъ показалъ, что звукъ не распространяется въ пустотѣ. Я хочу объяснить вамъ, какъ распространяются въ воздухѣ колебанія, производящія звукъ. Вотъ колокольчикъ поставленный вверхъ дномъ на подставкѣ. Я провожу скрипичнымъ смычкомъ по ребру его — вы слышите звукъ. Колокольчикъ, дрожитъ, и если мы насыпемъ песку на его плоское дно, то песокъ расположится не сплошь, а образуетъ опредѣленныя линіи. Если же колокольчикъ наполнить водою, то поверхность ея покроется очень красивою рябью. Рябь своимъ строеніемъ, а также линіи образуемыя пескомъ, покажутъ намъ, что колокольчикъ когда онъ издаетъ звукъ, раздѣляется на четыре части, въ которыхъ совершаются звуковыя колебанія, и эти части отдѣлены другъ отъ друга не колеблющимися линіями. Возьмемъ листъ бумаги, крѣпко натянутой на обручь, такъ чтобы онъ

образовалъ нѣчто въ родѣ барабана. Я держу его надъ звенящимъ колокольчикомъ — такъ впрочемъ, чтобы бумага и колокольчикъ не прикасались одинъ къ другому. Вы слышите шелестъ бумаги. Теперь она слишкомъ слабо натянута и потому-то вмѣсто звука слышенъ только шелестъ При нагрѣваніи бумаги предъ огнемъ она натянется сильнѣе и если мы послѣ этого повторимъ опытъ, то будетъ слышенъ громкій музыкальный звукъ, который присоединяется къ звуку колокольчика. При опусканіи и подниманіи барабана звукъ возвышается и понижается. Вотъ другой нѣсколько меньшій барабанъ, я обвожу его вокругъ колокольчика; приведя его бумажную перепонку въ вертикальное положеніе. Онъ производитъ громкій звукъ, когда я подношу его на полъ-дюйма отъ колокольчика. Движеніе колокольчика, сообщенное воздуху, передается перепонкѣ барабана, и перепонка начинаетъ издавать звукъ.

Фиг. 73.





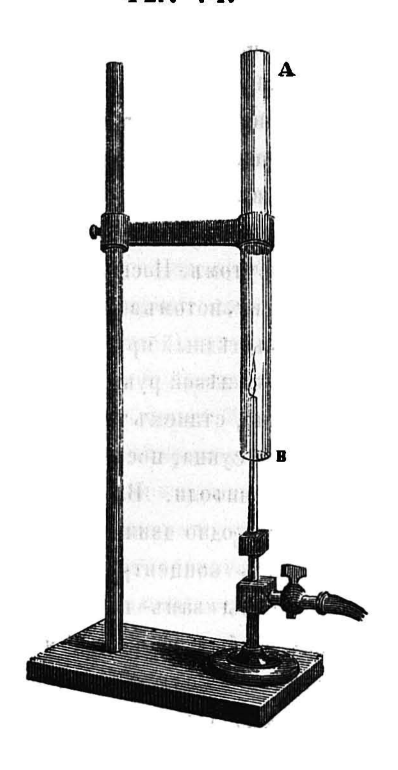
Вотъ двѣ мѣдныя тарелки, (Фиг. 73) соединенныя между собою металическимъ прутомъ. Посыпемъ на нихъ бѣлаго песку, потомъ возьмемъ соединяющій ихъ мѣдный прутъ за середину пальцами лѣвой руки и, держа его вертикально, станемъ тереть по пруту кускомъ сукна, посыпаннымъ порошкомъ канифоли. Вы слышите звукъ. Замѣчайте, что дѣлается съ песчинками: одно движеніе руки заставляетъ ихъ вдругъ образовать цѣлый рядъ концентрическихъ колецъ, которыя могутъ быть совершенно видимы вамъ всѣмъ. Проведемъ сукномъ по пруту слабѣе: вы слышите слабый, но чистый музыкальный звукъ; вы видите, какъ песчинки дрожатъ и ползутъ постепенно къ линіямъ, на которыхъ онѣ первоначально скоплялись, и образуютъ на нижней тарелкѣ такъ рѣзко обозна-

ченныя кривыя линіи, какъ будто они разрисованны кисточкою На верхней тарелкѣ образуется рядъ такихъ-же концентрическихъ круговъ. Дѣйствительно, колебаніе, которое мы сообщили пруту, передалось обѣимъ тарелкамъ и раздѣлило частицы ихъ на рядъ колеблющихся поясовъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга линіями, на которыхъ песокъ остается въ покоѣ.

Можно также показать на опытѣ распростроненіе колебаній отъ нижней тарелки чрезъ воздухъ. Положимъ на полъ бумажный барабанъ и разсыпемъ по немъ ровнымъ слоемъ темный песокъ. Я бы могъ стоять на столѣ, могъ бы стоять у самого потолка, и произвелъ бы все таки тоже тамое дѣйствіе, которое теперь покажу вамъ.

Направляя прутъ, соединяющій тарелки, къ бумажному барабану, я сильно тру сукномъ по пруту: замѣтьте, одного движенія было достаточно чтобы заставить песокъ образовать сѣтчатую канву на бумажномъ барабанѣ. Точь въ точь такое же дѣйствіе производится звукомъ и на барабанную перепонку нашего уха. Барабанная перепонка должна содрогаться такимъ-же образомъ, какъ и бумажный верхъ нашего барабана, и ея движеніе, сообщенное слуховымъ нервамъ и переданное ими мозгу, возбуждаетъ въ насъ впечатлѣніе звука.

Фиг. 74.



Есть еще болѣе поразительный примѣръ, распространенія звуковыхъ колебаній въ воздухѣ.

Выпуская струю газа изъ маленькаго отверстія этого сосуда, я получаю длинное пламя и, поворачивая кранъ, я уменьшаю его до полъдюйма. Я ввожу пламя въ эту стеклянную трупку *AB*, (фиг. 74,) длина которой 1 футъ.

Теперь я попрошу у васъ позволенія обратиться къ огоньку, и если я довольно ловокъ, чтобы взять голосомъ подходящую ноту, то огонекъ будетъ отвѣчать мнѣ. Онъ вдругъ начнетъ мелодическую пѣсню и бу-

детъ продолжать свое пѣніе, пока газъ будетъ горѣть. Рожокъ газа входитъ теперь въ трубку на два дюйма. Еслибъ я опустилъ трубку ниже, то пламя начало-бы пѣть по собственному влеченію, какъ, въ извѣстной водородной гармоникѣ; но при настоящемъ положеніи трубки оно не можетъ пѣть, пока я не заставлю его.

Я кричу, — извините что не музыкально — огонекъ не отвѣчаетъ, потому что я обращался къ нему не на надлежащемъ языкѣ Дайте еще разъ попробовать; я возвышаю голосъ, и огонекъ напрягаетъ свое горлышко, и всѣ присутствующіе въ залѣ слышатъ звукъ, издаваемый имъ. Я останавливаю пѣсню, становлюсь на большое разстояніе отъ огонька и теперь, когда мнѣ извѣстна нота, заставляющая его пѣть, я увѣренъ, что опытъ мой еще разъ удастся. Я могу заставить огонекъ пѣть на разстояніи двадцати или тридцати футовъ. Я оборачиваюсь къ огоньку спиной и беру прежнюю ноту; огонекъ слушается меня. Когда я зову, онъ откликается, и при нѣкоторой практикѣ можно приказывать огоньку пѣть и молчать, и онъ будетъ всегда слушаться. И такъ мы имѣемъ поразительный примѣръ распространенія въ воздухѣ звуковыхъ колебаній органа голоса, которыя передаются тѣлу въ высшей степени воспріимчивому къ ихъ дѣйствію (*).

Я дѣлалъ эти опыты надъ звукомъ для того, чтобы дать вамъ ясное понятіе о распространеніи теплоты; чтобы вести васъ отъ осязаемаго къ неосязаемому, изъ области чувства въ область физической теоріи. Когда ученые узнали, какъ происходитъ и распространяется звукъ, нѣкоторые изъ нихъ, по аналогіи, предположили, что свѣтъ происходитъ и распространяется подобнымъ же образомъ. И можетъ быть въ цѣлой исторіи науки не было вопроса, который бы оспаривали горячѣе этого. Исаакъ Ньютонъ предположилъ, что свѣтъ состоитъ изъ малѣйшихъ частичекъ, испускаемыхъ свѣтящимися тѣлами; это знаменитая теорія истеченія. Гюйгенсъ, современникъ Ньютона, не могъ представить этой канонады частичекъ, движущихся въ пространствѣ съ невообразимою скоростію и никогда не сталкивающихся. Этотъ знаменитый ученый высказалъ мнѣніе, что свѣтъ производится колебаніями, подобными звуковымъ колебаніямъ. Эйлеръ поддерживалъ Гюйгенса и одинъ изъ его аргументовъ, хотя не строго физическій, такъ любопытенъ, что я его повторю здѣсь. Онъ разсматриваетъ наши различныя чувства и способы, которыми они впечатлѣваются внѣшними предметами. «Что

(*) Опытъ этотъ описанъ подробнѣе въ прибавленіи къ этой лекціи.

касается до обонянія, говоритъ онъ, то мы знаемъ, что его производятъ матерьяльныя частицы, отдѣляемыя пахучими веществами. Когда мы слышимъ — ничего не отдѣляется отъ звучащаго тѣла, а для того чтобы осязать, мы должны дотронуться до самаго тѣла. Разстоянія, на которыхъ предметъ производитъ впечатлѣніе на наши чувства, различны для различныхъ чувствъ: когда мы осязаемъ предметъ, то органы осязанія прикасаются къ нему, — между ними нѣтъ разстоянія; разстояніе не велико между обоняемымъ предметомъ и органомъ обонянія, для слуха оно больше, и еще больше для зрѣнія. Поэтому вѣроятнѣе, что способъ распространенія свѣта болѣе сходенъ со способомъ распространенія звука, чѣмъ со способомъ распространенія запаха; и что, слѣдовательно въ свѣтящихся тѣлахъ происходитъ тоже, что въ звучащихъ, а не то что въ издающихъ запахъ».

Авторитетъ Ньютона не далъ ходу мнѣнію Гюйгенса и Эйлера, и теорія колебаній не имѣла успѣха въ борьбѣ съ теоріей истеченія, пока защиту ея не принялъ на себя геніальный человѣкъ — Томасъ Юнгъ, профессоръ натуральной философіи въ Великобританскомъ королевскомъ институтѣ. Ему принадлежитъ безсмертная слава сопротивленія силѣ авторитета и установленія теоріи волненія на незыблемыхъ основаніяхъ. Въ этомъ зданіи (въ институтѣ) много было сдѣлано великихъ открытій, но врядъ-ли было сдѣлано дѣло, болѣе великое чѣмъ это. Юнгъ былъ приведенъ къ своему заключенію относительно свѣта рядомъ изслѣдованій надъ звукомъ. Онъ, какъ мы теперь, шелъ отъ извѣстнаго къ неизвѣстному, отъ осязаемаго къ неосязаемому. Этотъ предметъ былъ разработываемъ и обогащаемъ со временъ Юнга многими геніальными учеными, но я присоединю къ его имени только одно имя, которое, въ связи съ настоящимъ предметомъ, никогда не можетъ быть забыто: это имя Августина Френеля.

Согласно понятію, теперь повсюду принятому, свѣтъ состоитъ, во первыхъ, изъ вольнообразнаго колебанія частицъ свѣтящагося вещества. Но какъ передается это движеніе нашимъ органамъ зрѣнія? Звукъ имѣетъ средою своею воздухъ, свѣтъ-же распространяется въ другой средѣ. Долгое размышленіе надъ явленіями свѣта, а также тщательные и убѣдительные опыты, которые затѣвались съ исключительнымъ намѣреніемъ повѣрить идею, привели ученыхъ къ заключенію, что пространство занято веществомъ почти безконечно упругимъ, въ которомъ могутъ распространяться свѣтовыя колебанія. Вы должны составить себѣ совершенно ясное понятіе объ этомъ, чтобъ итти далѣе.

Для разума не существуетъ различія между большимъ и малымъ; въ умѣ на столько-же легко представить себѣ колеблющійся атомъ, какъ и колеблющееся пушечное ядро. Также нисколько не труднѣе вообразить себѣ, что все пространство наполнено такъ называемымъ эфиромъ, какъ то, что все пространство наполнены студнемъ. Вы должны вообразить себѣ, что атомы колеблются и передаютъ свои колебанія эфиру, въ которомъ они плаваютъ, и что въ немъ колебанія эти распространяются волнообразно. Волны эти входятъ въ зрачекъ, проходятъ черезъ глазное яблоко и ударяются о ретину, покрывающую заднюю часть глаза. Колебанія эфира, отъ которыхъ зависитъ свѣтъ, подчинены такимъ-же механическимъ законамъ, какъ удары морскихъ волнъ о берегъ. Движенія волнъ сообщаются ретинѣ и передаются черязъ оптическій нервъ мозгу, въ которомъ они производятъ впечатлѣніе свѣта

Вотъ электрическая лампа, и на экранѣ, находящемся передъ вами, я могу получить изображеніе раскаленныхъ угольныхъ остріевъ, помощью которыхъ производятъ электрическій свѣтъ. Я сначала дотрогиваюсь однимъ углемъ до другаго, а потомъ раздѣляю ихъ; вы видите сначала, какъ начинаетъ свѣтиться мѣсто соединенія углей, потомъ вы видите раскаленныя искры, составляющія свѣтлыя дуги по обѣ стороны линіи, соединяющей концы углей. Это, какъ вы знаете, есть въ дѣйствительности распространеніе движенія. Я прерываю токъ. Концы углей остаются еще на короткое время раскаленными, но потомъ свѣтъ убываетъ.

Теперь концы угольвъ совсѣмъ темные. Но перестали ли они испускать лучи? Нѣтъ. Въ настоящую минуту они продолжаютъ испускать значительное количество лучей, которые хотя и неспособны возбуждать зрительные нервы, но могутъ еще раздражать другой нервъ человѣческаго тѣла. Въ глазахъ естествоиспытателя, разсматривающаго подобныя явленія независимо отъ своихъ чувствъ, это темное сіяніе имѣетъ совершенно такое-же значеніе, какъ и то, которое производитъ впечатлѣніе свѣта. Вы, слѣдовательно, должны вообразить, что частицы нагрѣтыхъ тѣлъ находятся въ состояніи движенія; вы должны представить себѣ, что движеніе ихъ передается окружающему эфиру и распространяется въ немъ со скоростью, которая, по всѣмъ вѣроятіямъ, такая-же, какъ и скорость свѣта. Такимъ образомъ, если вы оборачиваетесь къ огню и подвергаете его вліянію ваши озябшія руки, то теплота, которую вы ощущаете, есть слѣдствіе распространенія колебаній эфира въ вашихъ нер-

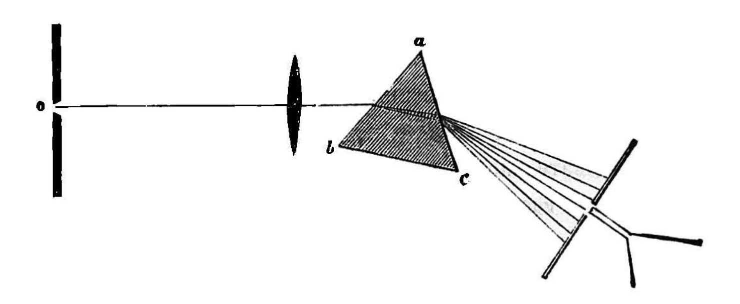
вахъ, и впечатлѣніе, производимое на васъ этимъ движеніемъ, въ общежитіи называется теплотою.

Въ нашихъ остальныхъ лекціяхъ я имѣю въ виду разсматривать теплоту, распространяющуюся такимъ образомъ, или лучистую теплоту. Чтобы изслѣдовать этотъ предметъ мы имѣемъ нашъ безцѣнный термо электрическій столбикъ, поверхность котораго теперь покрыта сажей, очень сильно поглощающей лучистую теплоту. Я держу приборъ противъ щеки, отъ которой распространяются лучи теплоты, и вы видите дѣйствіе, ими производимое.

Столбикъ поглощаетъ ихъ, они производятъ электрическій токъ, и стрѣлка гальванометра отклоняется до 90°. Я отодвигаю столбъ отъ источника теплоты, и стрѣлка возвращается въ свое прежнее положеніе.

Потомъ я кладу кусокъ льда противъ столбика. Вы видите уклоненіе стрѣлки въ противоположную сторону, какъ будто лучи холода падаютъ на столбикъ. Но вы знаете, что въ настоящемъ случаѣ столбикъ есть горячее тѣло; теперь онъ испускаетъ лучи теплоты на ледъ; поверхность стлбика при этомъ охлаждается, и стрѣлка, какъ вы видите, отклоняется до 90° въ сторону холода. Нашъ столбикъ, слѣдовательно, не только годенъ для изслѣдованія теплоты, сообщенной ему непосредственнымъ прикосновеніемъ теплаго тѣла, но также и для изслѣдованія лучистой теплоты. Примѣнимъ его теперь къ изслѣдованію болѣе важному и разсмотримъ посредствомъ его распредѣленіе теплоты въ электрическомъ спектрѣ (фиг. 75.) Позвольте вамъ сначала показать этотъ

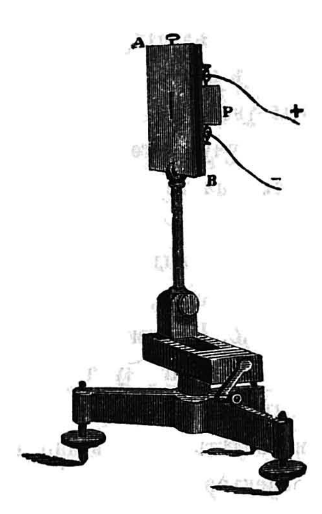
Фиг. 75.



спектръ. Я пропускаю лучь чистаго бѣлаго свѣта чрезъ отверстіе *o* на призму *abc*, составленную изъ полированныхъ стеклянныхъ пластинокъ и наполненную жидкимъ сѣрнистымъ углеродомъ. Эта жидкость произ-

водитъ большее разсѣяніе лучей, чѣмъ стекло, и потому я предпочитаю ее стеклу. Вы видите, что бѣлый лучь разлагается на цвѣтные лучи: вы видите сверху красно-калильный цвѣтъ, затѣмъ слѣдуетъ ярко-оранжевый, потомъ желтый, зеленый и различныя тѣни голубаго цвѣта, между которыми обыкновенно различаютъ голубой, синій и фіолетовый цвѣта. Теперь испытаемъ послѣдовательно всѣ эти цвѣта помощью термоэлектрическаго столбика особой конструкціи. Я буду помѣщать открытый конецъ столбика въ различныхъ цвѣтахъ спектра, и попрошу васъ смотрѣть на стрѣлку гальванометра, которая своими отклоненіями будетъ указывать степень нагрѣванія въ различныхъ частяхъ спектра.

Фиг. 76.



Для этого опыта у насъ есть отличный аппаратъ придуманный Меллони. Вы видите (фиг. 76) здѣсь полированную мѣдную доску, придѣланную къ стержню, который можетъ быть передвигаемъ помощью винта на горизонтальномъ брускѣ. Поворачивая эту костяную рукоятку въ ту, или другую сторону, я этимъ самымъ заставляю мѣдную доску, двигаться въ одну, или въ другую сторону, и движеніе это совершается такъ ровно и постепенно, что я легко и безъ погрѣшности могъ бы подвинуть мѣдную доску меньше, чѣмъ на $^1/_{2000}$ дюйма. На срединѣ доски находится узкій вертикальный разрѣзъ, сквозь который видна зачерненная поверхность термо-электрическаго столбика P, элементы котораго расположены въ одинъ рядъ, а не на плоскости, какъ въ прежнемъ нашемъ приборѣ. Если мы будемъ помѣщать разрѣзъ въ различныхъ лучахъ спектра, то каждый изъ нихъ сообщитъ столбику свою теплоту, количество которой будетъ показано стрѣлкой галвонометра.

Сперва я помѣщаю доску такъ, чтобы разрѣзъ ея находился совершенно внѣ спектра и на сторонѣ фіолетоваго цвѣта. Я поворачиваю рукоятку и разрѣзъ доски постепенно входитъ въ фіолетовый цвѣтъ; фіолетовый свѣтъ теперь падаетъ на отверстіе, но стрѣлка не двигается замѣтно. Подвигаю разрѣзъ далѣе въ синій лучь; стрѣлка по прежнему не двигается. Стало быть, голубой свѣтъ также не производитъ нагрѣванія,

Въ зеленомъ цвѣтѣ стрѣлка едва двигается; въ желтомъ движеніе стрѣлки становится замѣтнымъ, но отклоненіе слабо, не смотря на то, что столбикъ находится теперь въ самой блестящей части спектра. Въ оранжевомъ цвѣтѣ, который менѣе ярокъ чѣмъ желтый, количество теплоты увеличивается, и стрѣлка подвигается далѣе. Я перехожу къ красному лучу, который еще менѣе ярокъ, но вы видите что нагрѣваніе здѣсь значительнѣе, чѣмъ въ какой бы то нибыло части видимаго спектра.

Впрочемъ, видъ этого красно-калильнаго цвѣта могъ бы повести васъ къ предположенію, что такой цвѣтъ долженъ болѣе отдѣлять теплоты, чѣмъ другіе. Но замѣчайте: я теперь поставлю разрѣзъ совершенно внѣ крайняго краснаго луча, и стрѣлка галвонометра быстро отклоняется. Слѣдовательно мы имѣемъ спектръ теплыхъ лучей, которыхъ мы не можемъ видѣть, и нагрѣваніе въ немъ гораздо сильнѣе, чѣмъ въ видимой части спектра.

Дѣйствительно электрическій свѣтъ, который мы употребляли въ нашихъ опытахъ, испускаетъ безконечное множество лучей, которые собираются въ одну точку двояко-выпуклымъ стекломъ и преломляются въ призмѣ; лучи эти составляютъ продолженіе видимаго спектра, но совершенно неспособны возбуждать чувство зрѣнія въ оптическомъ нервѣ. То-же самое относится и къ солнцу: оно испускаетъ множество темныхъ лучей, и хотя они большею частью поглощаются атмосферой, но многіе изъ нихъ все таки достигаютъ насъ. Мы обязаны открытіемъ ихъ великому Вильяму Гершелю.

Такимъ образомъ мы доказываемъ, что спектръ распространяется на сторонѣ краснаго цвѣта гораздо далѣе его видимыхъ предѣловъ, и если я, вмѣсто того, чтобы употреблять стеклянныя оптическія стекла, приготовилъ бы подобные приборы изъ каменный соли, то могъ бы показать вамъ, какъ показалъ Меллони, что эти теплые лучи распространяются гораздо далѣе, чѣмъ мы теперь наблюдаемъ это. Дѣйствительно стекло, будучи очень прозрачно для свѣта, не совершенно прозрачно для темныхъ лучей, которые потому задерживаются имъ въ большомъ количествѣ и не достигаютъ экрана.

И такъ видимый спектръ просто обозначаетъ промежутокъ, въ которомъ колебанія эфира относятся къ нашимъ глазнымъ нервамъ такъ, что возбуждаютъ въ насъ ощущеніе свѣта. Внѣ этого интервала, по обѣ стороны спектра, существуютъ также лучи, но они невидимы. Тамъ, гдѣ кончаются красные лучи, находятся лучи, производящіе сильное

нагрѣваніе; тамъ-же, гдѣ кончаются фіолетовые лучи, находятся лучи, способные производить химическое дѣйствіе. Эти послѣдніе лучи могутъ быть сдѣланы видимыми; колебанія, изъ которыхъ состоятъ эти лучи, могутъ, падая на нѣкоторыя тѣла, сообщать имъ движенія, вслѣдствіе которыхъ темное пространство за фіолетовымъ цвѣтомъ превратится въ свѣтлое. И это мы сейчасъ сдѣлаемъ. Я беру листъ бумаги, нижняя половина котораго смочена въ растворѣ сѣрнокислаго хинина, между тѣмъ какъ верхняя не смочена ничѣмъ. Я буду держать листъ такъ, чтобы линія, отдѣляющая смоченную часть листа отъ несмоченной, была горизонтальна и раздѣлила спектръ на двѣ равныя части. Верхняя часть спектра останется неизмѣненною, и вамъ можно будетъ ее сравнить съ нижнею частію, на которой будетъ видно продолженіе спектра за предѣлами фіолетоваго цвѣта. Вы видите на бумагѣ великолѣпную разноцвѣтную полосу, въ нѣсколько дюймовъ ширины, въ томъ мѣстѣ, на которомъ минуту тому назадъ ничего не было, кромѣ тѣни. Я отодвигаю бумагу, и свѣтъ исчезаетъ. Я кладу бумагу на прежнее мѣсто, и свѣтъ показывается снова, ясно доказывая вамъ, что видимыя границы обыкновеннаго спектра вовсе не означаютъ его дѣйствительныхъ границъ, или границъ, до которыхъ доходятъ лучи, разсѣянные призмою. Погружаю кисть въ растворъ сѣрнокислаго хинина и намазываю ею бумагу. Тамъ, гдѣ попадаетъ растворъ, показывается свѣтъ.

Существованіе лучей за фіолетовыми лучами давно уже было извѣстно; оно было извѣстно Томасу Юнгу, который даже производилъ надъ ними опыты. Но полнымъ изслѣдованіемъ этого предмета мы обязаны профессору Стоксу. Онъ первый сдѣлалъ невидимые лучи видимыми. Какое же мы можемъ составить понятіе о лучахъ видимыхъ и невидимыхъ, которые занимаютъ такое широкое пространство на экранѣ? Почему нѣкоторые изъ нихъ видимы, а другіе невидимы? Почему видимые изъ нихъ отличаются различными цвѣтами? Есть-ли въ колебаніяхъ что-либо такое, на что мы можемъ смотрѣть какъ на физическую причину цвѣтовъ? Замѣтьте прежде всего, что цѣлый пукъ лучей, происшедшій при прохожденіи бѣлаго свѣта сквозь призму, отклонился къ основанію призмы; но фіолетовые лучи переломились болѣе чѣмъ синіе, синіе болѣе голубыхъ, голубые болѣе зеленыхъ, зеленые болѣе желтыхъ, желтые болѣе оранжевыхъ, оранжевые болѣе красныхъ. Цвѣта эти различно преломляются, и отъ этого зависитъ возможность ихъ раздѣленія. Всякому цвѣту соотвѣтствуетъ особое преломленіе. Отчего-же свѣтъ при одномъ преломленіи производитъ впечатлѣніе

краснаго цвѣта, а при другомъ — впечатлѣніе зеленаго цвѣта? Этотъ вопросъ побуждаетъ насъ разсмотрѣть обстоятельнѣе причину нашихъ впечатлѣній. Для разъясненія этого вопроса мы обратимся къ явленіямъ звука Представьте себѣ колеблющую струну. Двигаясь въ одну сторону, она производитъ сгущеніе воздуха, двигаясь назадъ — разрѣженіе воздуха. Струна опять подвигается впередъ и вновь производитъ сгущеніе; опять подается назадъ, и опять производитъ разрѣженіе. Такимъ образомъ воздухъ около струны попеременно и черезъ одинаковые промежутки сгущается и разрѣжается, и эти измѣненія плотности распространяются во всѣ стороны, проходя около 1100 футовъ въ секунду. Сгущеніе и разрѣженіе составляютъ то, что называется звуковою волною, и длина волны есть разстоянія отъ средины одного сгущенія до средины слѣдующаго сгущенія. Чѣмъ скорѣе вибраціи струны, тѣмъ скорѣе волны слѣдуютъ одна за другою и тѣмъ короче будетъ длина каждой изъ нихъ. Отъ этого зависитъ различіе между звуками, большая или меньшая высота ихъ. Если скрипачъ желаетъ взять высокую ноту, онъ укорачиваетъ струну, нажимая на нее пальцемъ, и тѣмъ увеличиваетъ скорость колебанія ея. Если онъ нажметъ пальцемъ на самой серединѣ струны, то получается октава ноты, которую издаетъ цѣлая струна. Въ хорѣ выбираютъ мальчиковъ для высокихъ нотъ и взрослыхъ людей для басовыхъ нотъ. Причина тому та, что колебанія гортани у мальчика совершается вообще скорѣе, чѣмъ колебаніе гортани у взрослаго человѣка. Жужжаніе комара выше жужжанія жука, потому что меньшее животное можетъ производить большее число колебаній въ одну секунду.

Мы теперь прочистили дорогу къ ясному пониманію физической причины цвѣта. Спектръ — для нашего глаза — тоже что гамма для уха; его различные цвѣта представляютъ различныя ноты октавы. Колебанія, производящія впечатлѣніе краснаго цвѣта, совершаются медленнѣе, и эфирныя волны, производимыя ими, длиннѣе, чѣмъ волны производящія впечатлѣніе фіолетоваго цвѣта; остальные цвѣта происходятъ отъ волнъ разной длины, средней между волнами краснаго и фіолетаго цвѣтовъ.

Длина звуковыхъ и свѣтовыхъ волнъ и числа колебаній, которыя они сообщаютъ слуховымъ и глазнымъ нервамъ въ одну секунду, точно опредѣлены. Сдѣлаемъ расчетъ. Свѣтъ проходитъ 192,000 миль въ секунду, или 12,165,120,000 дюймовъ. Теперь найдено что 39,000 волнъ краснаго свѣта составляетъ одинъ дюймъ; умножая число дюймовъ въ 192,000 миляхъ на 39,000 получимъ число волнъ краснаго свѣта

на 192,000 миляхъ, то есть: 474,439,680,000,000. Всѣ эти волны входятъ въ глазъ въ одну секунду. Чтобы произвести въ мозгу впечатлѣніе краснаго цвѣта ретина должна получить это почти невѣроятное большое число ударовъ. Чтобы произвести впечатлѣніе фіолетоваго цвѣта необходимо еще большее число ударовъ. Длина волны фіолетоваго цвѣта составляетъ $^1/_{57500}$ дюйма и число толчковъ въ одну секунду, необходимыхъ для того, чтобы произвести впечатлѣніе этого цвѣта, доходитъ до 699 билліоновъ въ секунду. Для другихъ цвѣтовъ спектра, какъ уже сказано, число колебаній возрастаетъ идя отъ краснаго цвѣта къ фіолетовому.

Но за фіолетовыми лучами существуютъ лучи, производимые колебаніями до того быстрыми, что мы не можемъ ихъ видѣть; за красными-же лучамиесть лучи, невидимые потому, что они происходятъ отъ слишкомъ медленныхъ колебаній. Явленія свѣта въ настоящемъ случаѣ, такъ сказать, параллельны явленіямъ звука. Еслибъ это не вводило насъ въ противорѣчіе, мы бы могли сказать, что есть музыкальные звуки слишкомъ высокіе для нашего слуха и звуки неслышные потому, что они слишкомъ низки. Выразимся точнѣе: существуютъ волны, распространяющіяся въ воздухѣ отъ колеблющихся тѣлъ, которыя хотя и ударяютъ въ ухо въ правильные промежутки времени, но тѣмъ не менѣе не способны возбуждать чувство слуха. Вѣроятно нѣкоторые изъ звуковъ, ускользающихъ отъ нашихъ чувствъ, слышатся насѣкомыми, и въ самомъ дѣлѣ даже и для людей та же самая нота, инымъ кажется пронзительнымъ нискомъ, между тѣмъ какъ другимъ она вовсе не слышна.

И въ отношеніи свѣта и въ отношеніи звука наши органы зрѣнія и слуха чувствительны только въ извѣстныхъ предѣлахъ, за которыми, по обѣ стороны, наши нервы уже не впечатлѣваются, хотя бы и существовала внѣшняя причина, способная производить впечатлѣнія (*)

Слѣдовательно, когда я кладу передъ вами это накаленное мѣдное ядро и жду пока его свѣтъ не исчезнетъ, то вы теперь имѣете совершенно ясное понятіе о томъ, что съ нимъ происходитъ. Атомы ядра колеблются; но они колеблются въ сопротивляющейся средѣ, которой сообщается часть ихъ движеній и въ которой они распространяются во всѣ стороны съ невообразимою скоростью.

(*) См. прибавленіе въ концѣ лекціи.

Колебанія, способныя производить свѣтъ, теперь истощились; ядро совершенно потемнѣло, но атомы его все таки колеблются и колебанія передаются эфиру и распространяются въ немъ во всѣ стороны. Ядро охлаждается и теряетъ свое молекулярное движеніе; но при всякомъ охлажденіи, достижимомъ въ практикѣ, еще существуютъ колебанія частичекъ тѣла. Всѣ тѣла, какова бы ни была ихъ температура, испускаютъ лучи теплоты. Изъ тѣла каждаго изъ здѣсь присутствующихъ распространяются волны; нѣкоторыя изъ нихъ ударяютъ въ это охлаждающееся ядро и возстановляютъ часть потеряннаго имъ движенія. Но движеніе, такимъ образомъ пріобрѣтаемое ядромъ, далеко менѣе того, которое оно теряетъ, и разница между ними показываетъ потерю молекулярныхъ движеній ядра. Пока такая потеря движенія продолжается, температура ядра будетъ постепенно понижаться, и это будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока количество теплоты, теряемое имъ, не будетъ равно количеству, имъ получаемому. Тогда температура станетъ постоянною.

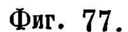
И такъ, хотя вы и не чувствуете, что получаете теплоту, когда находитесь вблизи тѣла одинаковой съ вами температуры, но между вами и имъ происходитъ обмѣнъ лучей теплоты. Каждый атомъ, находящійся на поверхности какого-нибудь тѣла, своими колебаніями производитъ волны; эти волны пересѣкаются съ тѣми, которыя двигаются въ противоположномъ направленіи— и происходитъ столкновеніе волнъ, въ которомъ каждая волна отстиваетъ себя. Когда количество получаемаго движенія болѣе того, которое теряется, то тѣло нагрѣвается; когда же количество теряемаго движенія болѣе получаемаго, то тѣло охлаждается. Это теорія подвижнаго равновѣсія Прево, объясненная въ смыслѣ теоріи волнообразныхъ колебаній.

Теперь покажемъ на опытѣ аналогію между отраженіемъ лучей свѣта и теплоты. Вы замѣтили, что когда я поставилъ термо-электрическій столбикъ противъ нагрѣтаго тѣла, я привязалъ къ нему открытый конусъ, который я не употреблялъ въ прежнихъ опытахъ. Этотъ конусъ высеребренъ внутри и назначенъ для увеличенія дѣйствія слабыхъ лучей, потому что собираетъ ихъ въ большомъ количествѣ на поверхность термо-электрическаго столбика. Это происходитъ вслѣдствіе отраженія. Вмѣсто того, чтобы расходиться во всѣ стороны отъ столбика, что происходило бы, если бы мы приняли отражающій конусъ, они падаютъ на серебренную поверхность и отъ нея отражаются на столбъ Можно показать увеличеніе дѣйствія теплыхъ лучей, производимое

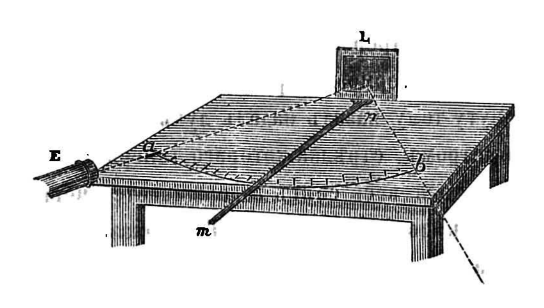
этимъ рефлекторомъ. Я ставлю столбикъ безъ рефлектора на этотъ конецъ стола, и на разстояніи 4 — 5 футовъ отъ него мѣдное нагрѣтое, но не раскаленное ядро. Вы едва замѣтите движеніе стрѣлки гальванометра. Не измѣняя разстоянія приборовъ, я прикрѣпляю рефлекторъ къ столбу: стрѣлка сейчасъ же идетъ до 90°, доказывая тѣмъ увеличеніе дѣйствія лучистой теплоты. Законы отраженія лучей теплоты совершенно тѣ-же, какъ и законы отраженія свѣта. Обратите вниманіе на этотъ свѣтлый по видимому твердый цилиндръ, выходящій изъ нашей электрической лампы и рѣзко выдѣляющійся на пыли нашей темной комнаты. Беру зеркало такъ, чтобы лучъ упалъ на него. Лучъ отражается отъ зеркала и потомъ идетъ къ потолку. На зеркало падаетъ горизонтальный лучъ; отражается же онъ по вертикальному направленію.

Законъ отраженія свѣта, какъ многіе изъ васъ знаютъ, состоитъ въ томъ, что уголъ паденія равенъ углу отраженія. Падающій и отражающій лучи образуютъ теперь прямой уголъ; и я увѣренъ, что они составляютъ съ зеркаломъ уголъ въ 45°.

Ставлю лампу на уголъ стола *E*, (фиг. 77) въ L ставлю зеркало.



Фиг. 77.



На столѣ вы видите нарисованную дугу *ab*; къ зеркалу же придѣлана длинная прямая линейка *mn*, помощью которой зеркало можетъ быть поворачиваемо. Я провелъ здѣсь по срединѣ стола темную линію, и когда зеркало приходится совершенно прямо противъ васъ, то линейка совпадаетъ съ этою линіею. Кто сидитъ прямо противъ зеркала, тотъ можетъ видѣть, что линейка и ея изображеніе въ зеркалѣ составляютъ прямую линію, чѣмъ доказывается, что темная линія, проведенная мною на столѣ, перпендикулярна къ зеркалу. Вправо и лѣво отъ этой линіи я отложилъ на дугѣ по десяти равныхъ частей, причемъ вся дуга раздѣлилась на 20°, начиная отъ E, гдѣ стоитъ 0° и до 20°. Сначала поворачиваю

линейку такъ, чтобы она находилась на линіи луча, падающаго изъ лампы. Лучь лампы теперь падаетъ на зеркало перпендикулярно и отражается назадъ по линіи паденія. Передвигаю линейку на 1°; отраженный лучь, какъ вы замѣчаете, двигается по столу и образуетъ съ падающимъ лучемъ 2°. Двигаю линейку на 2°, отраженный лучь переходитъ на 4°; передвигаю линейку на 10° —отраженный лучь падаетъ на 20°. Падающій и отраженный лучь находятся по обѣ стороны и подъ одинаковымъ наклоненіемъ къ линейкѣ, которая, какъ извѣстно, перпендикулярна къ зеркалу. Слѣдовательно уголъ паденія равенъ углу отраженія. Но мы также доказали, что отраженный лучь движется вдвое скорѣе, чѣмъ линейка, и это обыкновенно выражается такъ: угловая отраженнаго луча вдвое болѣе скорости отражающаго зеркала.

Я уже показалъ, что раскаленные концы угля выдѣляютъ въ изобиліи лучи темной теплоты, не производящіе впечатлѣнія свѣта. Теперь я докажу, что эти теплородные лучи, испускаемые лампою, повинуются тѣмъ же законамъ, какъ и лучи свѣта. Вотъ кусокъ чернаго стекла, до того чернаго, что если я смотрю черезъ него на электрическій свѣтъ, или даже на солнце, то я ничего не вижу. Вы замѣчаете исчезаніе луча свѣта, когда я ставлю это стекло противъ лампы. Но задерживая всѣ свѣтлые лучи, оно, какъ ни странно покажется вамъ это, прозрачно для темныхъ лучей лампы. Прерывая токъ, я уничтожаю свѣтъ лампы, и, послѣ этого, ставлю термоэлектрическій столбикъ на столъ на цифру 20, куда минуту тому назадъ падалъ лучь свѣта. Столбикъ соединенъ съ гальванометромъ, стрѣлка котораго теперь стоитъ на 0°. Снова зажигаю лампу, и хотя весь свѣтъ задерживается чернымъ стекломъ, но стрѣлка сейчасъ подвигается на 90°, показывая этимъ дѣйствіе темныхъ лучей на столбикъ. Когда я подвигаю столбикъ вправо, или влѣво, стрѣлка немедленно возвращается къ своему прежнему положенію. Теплородные лучи слѣдовали пути свѣтовыхъ лучей; и для нихъ, слѣдовательно, уголъ паденія равенъ углу отраженія.

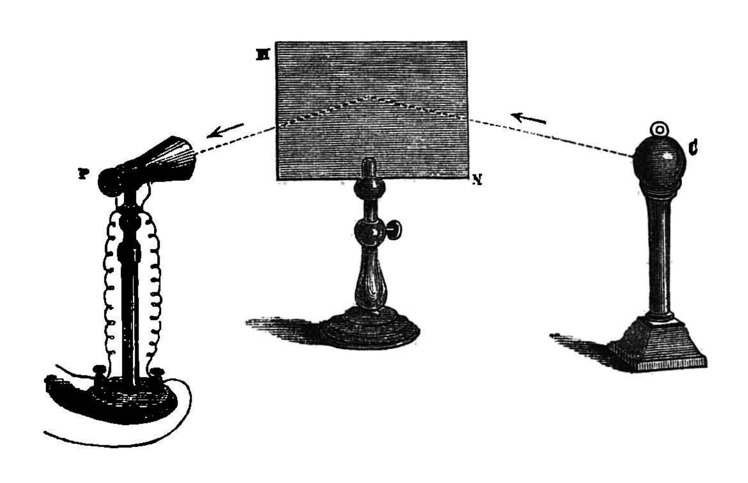
Повторяя надъ лучами теплоты опыты, которые мы сейчасъ производили надъ свѣтомъ, то есть, переводя указку постепенно на 1 2,3,4, 5 и такъ далѣе, я могу доказать, что и для лучей теплоты угловая скорость отраженныхъ лучей вдвое болѣе скорости зеркала.

Теплота, испускаемая пламенемъ, повинуется тому-же закону. Вотъ жестяная дощечка, представляющая самый простой рефлекторъ. На концѣ стола я ставлю термоэлектрическій столбъ, на другой конецъ жестяную дощечку. Стрѣлка гальванометра теперь на нулѣ.

Я поворачиваю рефлекторъ такъ, чтобы теплота отражалась отъ него на столбикъ; она теперь попала на него, и стрѣлка своимъ отклоненіемъ показываетъ ея дѣйствіе. Замѣчайте положеніе пламени, рефлектора и столбика: вы замѣтите, что взаимное положеніе ихъ таково, что уголъ паденія и уголъ отраженія равны.

Но въ этихъ опытахъ лучи теплоты всегда сопровождались лучами свѣта. Покажемъ теперь, что законъ отраженія не измѣняется для лучей, испускаемыхъ совершенно-темнымъ тѣломъ. Вотъ мѣдное ядро *C* (фиг. 78), нагрѣтое до краснаго каленія; погружаю его въ воду, пока


Фиг. 78.

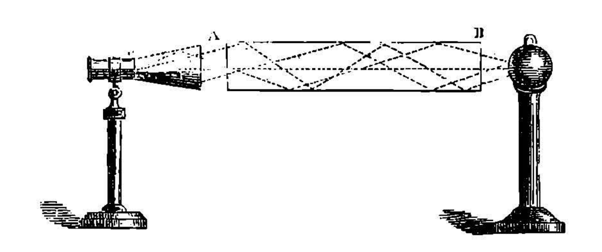


свѣтъ окончательно исчезнетъ, но ядро все еще будетъ горячо. Оно продолжаетъ испускать лучистую теплоту въ большемъ количествѣ, чѣмъ испускаетъ ее человѣческое тѣло. Я кладу ядро на подставку, а термоэлектрическій столбикъ съ рефлекторомъ ставлю въ такое положеніе, чтобы ни одинъ лучь отъ шара не могъ упасть прямо на столбикъ. Вы видите, что стрѣлка остается на нулѣ. Теперь ставлю жестяную доску такъ, чтобы ось коническаго рефлектора падала на нее подъ угломъ, подъ которымъ долженъ отразиться отъ нея лучь теплоты на столбикъ. Вѣрные закону, лучи теплоты, испускаемые ядромъ, отражаются на столбикъ, и вы замѣчаете скорое движеніе стрѣлки.

Лучи теплоты, какъ и лучи свѣта, распространяются въ пространствѣ по прямому направленію, уменьшаясь въ напряженіи точь въ точь какъ свѣтъ. Такимъ образомъ это ядро, когда находится возлѣ самаго

столбика, отклоняетъ стрѣлку гальванометра на 90°; на разстояніи же 4 футовъ шести дюймовъ дѣйствіе теплоты едва замѣтно. Лучи, испускаемые ядромъ, расходятся во всѣ стороны и сравнительно только немногіе достигаютъ столбика. Но если я помѣщу между столбикомъ и ядромъ эту жестяную трубку *AB*, (фиг. 79) длиною въ 4 фута, полиро-

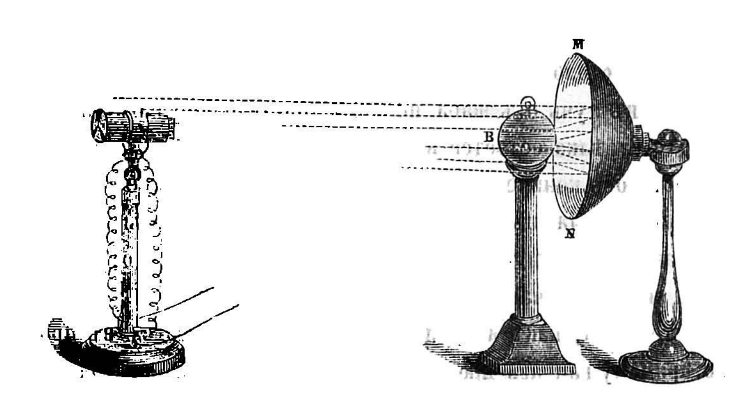
Фиг. 79.



ванную внутри, и потому способную отражать лучи, то лучи теплоты, падающіе наклонно на поверхность трубки, будутъ отражаться отъ одной стороны трубки къ другой и, такимъ образомъ, лучи, которые безъ помощи трубки разсѣевались бы въ пространствѣ, достигаютъ столбика. Вы видите результатъ: стрѣлка, которая минуту тому назадъ не двигалась вовсе, двигается теперь быстро до 90°.

Мы достаточно останавливались на отраженіи лучей теплоты отъ плоскихъ поверхностей. Разсмотримъ теперь, какъ они отражаются отъ кривыхъ поверхностей. Вотъ вогнутое мѣдное, высеребренное зеркало (фиг. 80). Я ставлю это теплое мѣдное ядро на разстояніи 18 дюймовъ

Фиг. 80.



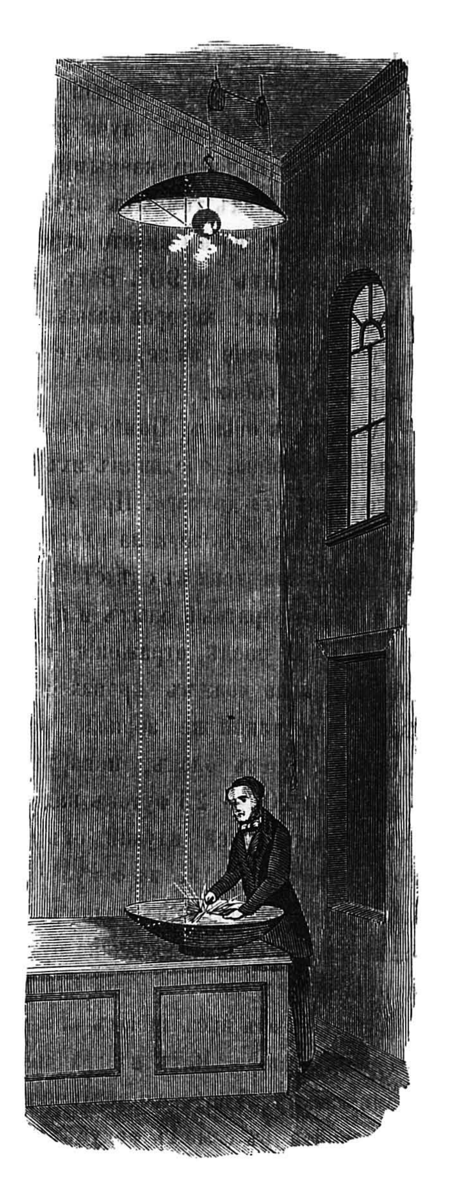
отъ столбика, съ котораго снятъ его коническій рефлекторъ. Вы едва замѣчаете движеніе стрѣлки. Если за свѣчкою поставимъ вогнутое зеркало, то лучи свѣта, исходящіе отъ нея, отразятся, образуя блестящій свѣтлый цилиндръ который какъ бы отброшенъ зеркаломъ. Взятое нами зеркало собираетъ лучи свѣта. Тоже самое можно сдѣлать съ лучами теплоты, испускаемыми ядромъ *B*. Вамъ безъ сомнѣнія не виденъ слѣдъ этихъ темныхъ лучей, какъ это было, когда отражались свѣтлые лучи; но вы видите дѣйствіе ихъ на стрѣлку гальванометра, которая доходитъ до 90°. Вотъ два большихъ зеркала. Когда я ставлю свѣчу въ точку, которая называется фокусомъ зеркала, то расходящіеся лучи, падающіе на зеркало, становятся послѣ отраженія параллельными между собою.

Сдѣлаемъ опытъ. Помѣстимъ въ фокусѣ зеркала концы углей электрической лампы, соединимъ ихъ сперва, а потомъ удалимъ ихъ немного одинъ отъ другаго. При этомъ получается электрическій свѣтъ, и вы видите, что отъ зеркала идетъ вверхъ свѣтовой цилиндръ, который становится замѣтенъ въ слѣдствіе пыли, содержащейся въ воздухѣ. Еслибъ мы сдѣлали обратный опытъ и пустили на зеркало параллельные лучи, то эти лучи, послѣ отраженія, собрались бы въ фокусѣ зеркала. Мы дѣйствительно можемъ произвести этотъ опытъ, если употребимъ въ дѣло второе такое же зеркало, которое теперь виситъ на шнурѣ, проходящемъ черезъ блокъ, прикрѣпленный къ потолку. Подымимъ это зеркало на 20 — 25 футовъ надъ столомъ. Вертикальный пучекъ параллельныхъ лучей. идущій отъ нижняго зеркала, теперь отражается въ верхнемъ зеркалѣ, въ фокусѣ котораго я помѣстилъ кусокъ масляной бумаги, чтобы вамъ видно было соединеніе лучей въ фокусѣ. Вы видите, какъ сильно освѣщена бумага, не тѣми лучами, которые падаютъ на нее съ низу, а тѣми которые отражены верхнимъ зеркаломъ.

Многіе изъ васъ знаютъ необыкновенное дѣйствіе свѣта на смѣсь водорода и хлора. Вотъ прозрачный шарикъ изъ колодія, наполненный этими газами. Я опускаю верхнее зеркало, и вѣшаю шарикъ на крючекъ, находящійся въ самомъ фокусѣ зеркала. Теперь подымаю зеркало къ самому потолку (фиг. 81) и, какъ прежде, ставлю концы углей въ фокусъ нижняго зеркала. Какъ только между углями показывается свѣтъ, шаръ вверху тотчасъ разрывается. Вы знаете, что колодій вещество горючее, и можно бы предположить, что шаръ загорѣлся въ слѣдствіе теплоты, испускаемой углями, и что горѣніе колодія сообщилось газамъ. Но смотрите: куски оболочки шарика падаютъ на столъ;

свѣтовые лучи безъ вреда прошли черезъ нее, взорвали газы. и соляная кислота, происшедшая при ихъ соединеніи, предохранила горючую оболочку отъ воспламененія. Я опускаю верхнее зеркало и вѣшаю въ фокусъ его подобный же шарикъ, заключающій смѣсь кислорода и водорода, на которую свѣтъ не имѣетъ замѣтнаго вліянія. Подымаю зеркало и въ фокусѣ нижняго зеркала помѣщаю раскаленное мѣдное ядро. Теплородные лучи теперь отражаются вверхъ, какъ въ прежнемъ опытѣ отражались лучи свѣта. Лучи эти дѣйствуютъ на оболочку, которую я нарочно зачернилъ немного, чтобы она могла задерживать ихъ. Дѣйствіе не такъ мгновенно какъ въ послѣднемъ опытѣ ; но вотъ происходитъ взрывъ, и слѣдовъ шарика не остается.

Фиг. 81.



Вы можетъ быть скажете, что здѣсь дѣйствіе произошло потому, что свѣтъ здѣсь былъ соединенъ съ теплотою Я опускаю еще разъ зеркало, и вѣшаю въ фокусъ его стклянку съ горячей водой, а термоэлектрическій столбикъ помѣщаю въ фокусѣ нижняго зеркала. Сначала повернемъ поверхность столбика къ верху, чтобы подвергнуть ее дѣйствію лучей, идущихъ непосредственно отъ горячей склянки. Эти непосредственные лучи не производятъ замѣтнаго дѣйствія на стрѣлку гальванометра. Теперь повернемъ открытый конецъ столбика къ низу. Если свѣтъ и теплота подчинены одинаковымъ законамъ, то лучи падающіе

отъ склянки на верхнее зеркало, должны собраться въ фокусѣ нижняго зеркала. Вы видите, что это происходитъ на самомъ дѣлѣ: стрѣлка, едва двигавшаяся отъ дѣйствія непосредственныхъ лучей, подвигается теперь до 90°. Замѣтьте сторону, въ которую она отклоняется: красный конецъ стрѣлки двигается къ вамъ.

Опускаю опять зеркало и вмѣсто склянки съ горячей водой вѣшаю склянку съ охладительною смѣсью. Подымаю зеркало, и, какъ прежде, помѣщаю столбикъ въ фокусѣ нижняго зеркала. Когда поворотимъ открытую сторону столбика къ холодной бутылкѣ, то не замѣчаемъ никакого отклоненія стрѣлки; когда же мы оборотимъ столбикъ внизъ и поставимъ его противъ зеркала, то красный конецъ стрѣлки поворачивается въ мою сторону, означая этимъ охлажденіе столбика. Здѣсь холодное тѣло, находящееся въ фокусѣ верхняго зеркала, повидимому испускаетъ лучи холода, которые собираются въ фокусѣ нижняго зеркала, точно также, какъ и лучи теплоты. Оба явленія дополняютъ другъ друга, и опыты эти какъ бы даютъ намъ право предполагать существованіе и собираніе въ фокусѣ какъ теплыхъ, такъ и холодныхъ лучей. Многіе изъ васъ, разумѣется, поняли уже, въ чемъ дѣло: столбикъ — представляетъ теплое тѣло, которое теряетъ нѣкоторое количество теплоты черезъ лучеиспусканіе; но убыль эта съ избыткомъ пополняется въ первомъ опытѣ тою теплотою, которую столбикъ получаетъ отъ нагрѣтой склянки. Въ послѣднемъ же опытѣ столбикъ испускаетъ болѣе теплоты, чѣмъ сколько получаетъ ея; только часть убыли теплоты вознаграждается, такъ что въ результатѣ столбикъ охлаждается, и на это охлажденіе указываетъ отклоненіе стрѣлки.

ПРИБАВЛЕНІЕ КЪ VIII ЛЕКЦІИ.

О звукахъ, происходящихъ при сожиганіи газовъ въ трубкахъ.

Изслѣдованія о звукахъ, происходящихъ при сожиганіи газовъ, впервые были сдѣланы въ Италіи и помѣщены въ первомъ томѣ журнала *Никольсона*, издававшемся въ 1802 году: но Др. *Гигинсъ* замѣчаетъ въ томъ же мѣстѣ, что они были имъ открыты еще въ 1777 году, при образованіи воды въ стеклянномъ сосудѣ, вслѣдствіе медленнаго сожиганія струи водорода. Далѣе *Хладни* въ своей «Акустикѣ», изданной въ 1802 г., говоритъ, что *Делюкъ* упоминаетъ о нихъ въ своемъ сочиненіи «Новыя понятія о метеорологіи», хотя и даетъ имъ

крайне неудовлетворительное объясненіе. Самъ Хладни сравниваетъ ихъ со звуками трубки одинаковой длины съ трубкою, въ которой помѣщалось пламя. Ему также удалось получить изъ той же трубки тонъ и его октаву, а въ одномъ случаѣ квинту октавы. Въ одной статьи изданной въ «Journal de Physique» въ 1802 году, Деларивъ пытался объяснить происхожденіе звуковъ въ этомъ случаѣ попеременнымъ сжатіемъ и расширеніемъ водяныхъ паровъ, основывая это предположеніе на довольно остроумныхъ опытахъ съ термометрическимъ шарикамъ. Въ 1818 году Фарадей, занимаясь изслѣдованіями этого предмета (*), замѣтилъ, что образованіе звуковъ обусловливается высокою температурою атмосферы, окружающей стеклянную трубку, а именно болѣе 213° F. Кромѣ этого имъ было также доказано, что звуки нисколько не происходятъ отъ водяныхъ паровъ, именно тѣмъ, что они могутъ быть произведены сожиганіемъ окиси углерода. Эти звуки онъ приписываетъ взрывамъ, слѣдующимъ одинъ за другимъ и происходящимъ въ слѣдствіе періодическаго соединенія кислорода атмосфернаго воздуха съ струею водороднаго газа. Мнѣ совершенно неизвѣстно, было ли гдѣ-нибудь упомянуто о томъ вліяніи, которое имѣетъ величина пламени на высоту звука; — поэтому скажемъ нѣсколько словъ относительно этого предмета.

Возьмемъ трубку 25 дюймовъ длины и помѣстимъ ее надъ зажженной струей водорода: звукъ получаемой такимъ образомъ, будетъ основной звукъ трубки. Если-же помѣстимъ трубку $12^1/_2$ дюймовъ длины, надъ тѣмъ-же пламенемъ, то не получимъ никакого звука. Уменьшивши сколько возможно пламя я помѣстилъ надъ нимъ эту послѣднюю трубку: она издала чистый мелодическій звукъ, который составлялъ октаву ноты, полученной при 25-ти дюймовой трубкѣ. Если мы поставимъ эту послѣднюю трубку надъ тѣмъ-же пламенемъ, то она уже не издастъ прежней ноты, и звукъ полученный при этомъ будетъ равняться тому, который получался при $12^1/_2$ дюймовой трубкѣ.

Такимъ образомъ мы видимъ, что хотя быстрота взрыва и зависитъ отъ длины трубки, но пламя при этомъ играетъ также немаловажную роль: для образованія музыкальнаго тона, оно должно быть на столько велико, чтобы производимый взрывъ вполнѣ согласовался съ основнымъ сотрясеніемъ трубки или съ сотрясеніемъ ея гармоническихъ дѣленій. Взявши трубку въ 6 футовъ и 9 дюймовъ длины, и измѣняя вели-

(*) Journal of Science and the Arts, vol. V. p. 274.

чину пламени, равно какъ и глубину, до которой оно доходитъ въ трубкѣ, мы получимъ рядъ нотъ, соотвѣтствующихъ ряду чиселъ 1, 2, 3, 4, 5.

Отсюда дѣлается вполнѣ понятнымъ то разнообразіе звуковъ, которое такъ часто получалось при опытахъ, такъ что, принаровляя величину пламени къ длинѣ трубки, можно всегда получить чистые и пріятные звуки (*).

Со времени опытовъ Фарадея ничего не прибавилось относительно этого предмета. Только въ недавнее время въ «Анналахъ» Поггендорфа. былъ помѣщенъ одинъ очень интересный опытъ *Шафготша*, съ замѣчаніями самого Поггендорфа. Музыкальная нота была получена при сожиганіи струи обыкновеннаго углероднаго газа, при чемъ было замѣчено, что когда голосомъ вытягивали ту-же самую ноту, то пламя колебалось; по мѣрѣ-же возвышенія голоса, оно уменьшалось и наконецъ совершенно погасало. При описаніи этого опыта не были изложены всѣ условія, необходимыя для его выполненія, такъ что при изысканіи ихъ намъ удалось отыскать тѣ факты, которые составляли главную сущность этой замѣтки.

Основываясь на нашихъ изслѣдованіяхъ, мы можемъ замѣтить, что результаты полученные Шафготшомъ могутъ быть всегда получены, если только газъ выходитъ изъ очень маленькаго отверстія и при довольно большомъ давленіи.

При первыхъ опытахъ мы употребляли коническій мѣдный газовый рожокъ длиною въ $10^1/_2$ дюймовъ, діаметръ верхняго отверстія котораго равнялся $^1/_{20}$ дюйма. Колебаніе этого, такъ сказать, поющаго пламени, при произнесеніи голосомъ извѣстной ноты, было такъ ясно, что было замѣчено всѣми.

Помѣстивши сирену на небольшомъ разстояніи отъ поющаго пламени, и постепенно возвышая ноту, произведенную инструментомъ, мы замѣтили, что по мѣрѣ того, какъ звуки пламени и сирены приближались къ совершенному унисону пламя начинало быстро колебаться въ трубкѣ. Въ это время промежутки между колебаніями дѣлались постоянно больше и наконецъ совершенно прекратились на то время, когда сирены и пламя были въ унисонѣ. При возвышеніи же звука сирены, движеніе пламени снова начиналось, колебанія дѣлались все,

(*) Если взять трубку $14^1/_2$ дюймовъ длины и самую тонкую струю газа то можно получить ноту и ея октаву безъ всякаго измѣненія количества газа; слѣдовательно пламя можетъ произвести эти оба звука, измѣняя только собственную величину.

быстрѣе и быстрѣе до тѣхъ поръ, пока быстрота, съ которою они слѣдовали одно за другимъ, сдѣлала невозможнымъ наблюденіе ихъ.

Изъ этого опыта видно, что колебанія пламени, которое наблюдалъ Шафготшъ, есть оптическое выраженіе *столкновеній*, происходящихъ по обѣ стороны совершеннаго унисона: эти столкновенія можно бы было слышать при укорачиваніи и удлинненіи пламени. За предѣлами этихъ *столкновеній* звукъ сирены не производилъ никакого видимаго движенія пламени. Все относящееся къ сиренѣ можно также приложить и къ голосу.

Повторяя и разнообразя опыты, мы однажды замѣтили, что когда произнесенный звукъ вполнѣ совпадалъ съ нотой трубки, то пламя, находившееся до сихъ поръ въ спокойномъ состояніи, вдругъ вздрогнуло и издало звукъ. Успокоивши пламя и прекративши звукъ трубки, мы снова, повторили опытъ и получили тѣже результаты.

Далѣе, мы помѣщали сирену близь пламени, которое спокойно горѣло въ трубкѣ и восходили постепенно отъ низшихъ нотъ инструмента; въ минуту совпаденія звука сирены съ звукомъ трубки, окружавшей пламя, это послѣднее вдругъ растягивалось и издавало звукъ, который продолжался и по прекращеніи звука сирены.

Всѣ эти результаты очень легко получаются при употребленіи описаннаго нами газоваго рожка и трубки длиною въ 12 дюймовъ, внутренній діаметръ которой равняется отъ $^1/_2$ до $^3/_4$ дюйма. Кромѣ того нужно, чтобы издаваемый звукъ находился въ предѣлахъ, въ которыхъ пламя производитъ слышные удары; въ противномъ же случаѣ, то есть, если издаваемый звукъ будетъ хотя нѣсколько ниже или выше, небудетъ замѣтно никакихъ видимыхъ измѣненій въ пламени.

Измѣняя длину трубки, мы измѣняемъ также и производимый ею звукъ, а поэтому и голосъ сообразно этому, также должно перемѣнять. Что эти колебанія пламени вполнѣ согласуются съ ударами, можно также доказать и посредствомъ камертона, который издаетъ такіе же звуки, какъ и пламя. Если камертонъ вслѣдствіе привинченной къ нему пластинки издаетъ звукъ, не вполнѣ совпадающій съ звукомъ пламени, то, приблизивъ его къ этому послѣднему, оно начнетъ колебаться, такъ что промежутки этого колебанія будутъ соотвѣтствовать слышимымъ ударамъ. Можно измѣнять какъ тонъ камертона, такъ и величину пламени; но во всѣхъ случаяхъ колебанія будутъ поражать глазъ въ тотъже моментъ, какъ удары ухо.

Посредствомъ камертона всѣ эти результаты получаются также хо-

рошю, какъ и при помощи голоса или сирены. Если держать камертонъ надъ соотвѣтствующей ему трубкой, заключающей въ себѣ спокойное пламя, то оно тотчасъ дрогнетъ и издаетъ звукъ. Для полученія этихъ результатовъ мы употребляли трубки различной величины, а именно отъ $10^1/_2$ до 29 дюймовъ длины. Можно произвесть еще слѣдующій опытъ: взять нѣсколько трубокъ, съ помощію которыхъ можно бы было произвесть тоны цѣлой гаммы, и помѣстить ихъ надъ струями газа; потомъ на разстояніи двадцати или тридцати ярдовъ, проиграть гамму на какомъ нибудь инструментѣ: тогда при каждой отдѣльной нотѣ, газъ въ соотвѣтствующей трубкѣ дрогнетъ и издастъ звукъ.

Нужно однако замѣтить, что при употребленной нами струѣ газа, можно сдѣлать опытъ только съ трубкою около 11 или 12 дюймовъ длины: если-же употребить болѣе длинныя трубки, то очень трудно предупредить самопроизвольное пѣніе пламени, то есть звукъ происходитъ безъ внѣшняго раздраженія.

Для того, что бы пламя издало звукъ необходимо, что бы оно доходило до извѣстной точки въ трубкѣ. Если напримѣръ, трубка, положимъ въ 12 дюймовъ, будетъ помѣщена надъ пламенемъ такъ, что оно войдетъ въ нее не очень далеко, то звукъ вслѣдствіе этого уменьшится и наконецъ дошедши до нѣкоторой точки совершенно прекратится. На нѣкоторомъ разстояніи выше отъ этой точки пламя будетъ горѣть совершенно покойно, но, возбужденное голосомъ, оно издастъ звукъ.

Если-же пламя, находящееся слишкомъ близко около точки гдѣ звукъ прекращается возбуждать голосомъ или камертономъ, то оно издаетъ звукъ, который потомъ вскорѣ прекратится. Не много выше точки, гдѣ прекращается звукъ, пламя горитъ спокойно, и, возбужденное голосомъ, издаетъ продолжительный звукъ. Употребляя пламя не слишкомъ впечатлительное къ внѣшнему раздраженію, мы сдѣлали опыты, обратные вышеописаннымъ, и останавливали звукъ голосомъ или камертономъ, не уничтожая самаго пламени. Можно положительно сказать, что пламя можно заставить издавать какіе угодно звуки, или же прерывать его пѣніе.

Если хлопнуть руками, то пламя, вслѣдствіе этого сотрясенія, хотя и начнетъ колебаться, но звука не издастъ. Подобнаго рода сотрясенія хотя разумѣется и дѣйствуютъ на пламя, но недостаточно сильно чтобы произвесть звукъ. Пламя по видимому глухо къ этимъ одиночнымъ ударамъ, такъ что для сообщенія ему должнаго движенія, необходимо произвести нѣсколько подобныхъ раздраженій.

Разница на полтона, между двумя камертонами вполнѣ достаточна,

чтобы одинъ изъ нихъ возбудилъ звукъ въ пламени, а другой оставался бы безъ всякаго на него дѣйствія.

Мы сказали, что голосъ долженъ издавать такой же звукъ, какъ и трубка, которая окружаетъ пламя; но гораздо правильнѣе сказать, что звукъ долженъ быть одинаковъ съ нотою, издаваемой пламенемъ. Эта послѣдняя нота всегда выше той, которую издаетъ открытая трубка, окружающая пламя, что происходитъ вслѣдствіе высокой температуры вибрирующей колонны. Такъ напримѣръ, если держать камертонъ надъ открытою трубкою, то пламя, которое она окружаетъ, издастъ гораздо высшій тонъ чѣмъ камертонъ, и что бы получить изъ трубки звукъ, подобный звуку камертона, слѣдуетъ значительно удлиннить ее.

Теперь невольно рождается вопросъ, въ какомъ состояніи находится пламя газа во время произведенія музыкальныхъ звуковъ? Для обыкновеннаго глаза оно нисколько не измѣняется; но дѣйствительно-ли это такъ? Предположимъ на самомъ дѣлѣ, что каждое сотрясеніе сопровождается физическимъ измѣненіемъ пламени, но эти измѣненія, по быстротѣ, съ какою онѣ слѣдуютъ однѣ за другими, дѣлаются совершенно незамѣтными для невооруженнаго глаза. Пламя представляется намъ въ видѣ безпрерывной струи, на томъ же основаніи, какъ и нижняя часть падающей струи жидкости кажется непрерывною, хотя въ сущности она состоитъ изъ разрозненныхъ капель. Если бы можно было такъ устроить, чтобы изображеніе пламени быстро проходило по сѣтчатой оболочкѣ глаза, дѣйствуя такимъ образомъ во время своего быстраго прохожденія на новыя части ея, то измѣненія, сопровождающія каждое сотрясеніе, могли бы быть при этомъ замѣчены.

Если взять трубку длиною въ 3 фута и 2 дюйма, и полтора дюйма въ діаметрѣ, и помѣстить ее надъ небольшимъ пламенемъ углеводороднаго газа, то получимъ полную ноту этой трубки: при движеніи головой направо и на лѣво получается нѣсколько отдѣльныхъ и отличныхъ другъ отъ друга изображеній пламени, разстояніе между которыми будетъ зависѣть отъ быстроты, съ которою мы качаемъ головой. Опытъ этотъ гораздо удобнѣе производить въ темной комнатѣ. Для того-же чтобы получить яснѣе это раздѣленіе пламени, лучше употреблять большое пламя и трубку длиною въ 6 футовъ и 9 дюймовъ.

Этотъ-же самый результатъ получится если взять лорнетъ и двигать его передъ глазами въ ту и другую сторону Но всего лучше употреблять для наблюденія зеркало, въ которомъ можно видѣть пламя или прямо, или предварительно отраженное на ширмѣ.

Для этого берется двояко-выпуклое стекло, фокусное разстояніе котораго равняется 33 сантиметрамъ, и ставится противъ пламени обыкновеннаго газа, длина котораго одинъ дюймъ. Позади пламени, на разстояніи 6 или 8 футовъ, укрѣпляется бумажная ширма. Позади стекла держится небольшое зеркало, на которое падаетъ свѣтъ, прошедшій сквозь стекло и отражающійся отъ него на ширму. Давая должное положеніе стеклу, можно получить довольно опредѣленное изображеніе пламени на ширмѣ.

При движеніи зеркала, изображеніе пламени перемѣщается и при болѣе ,или менѣе быстромъ движеніи, оно производитъ на сѣтчатую оболочку глаза впечатлѣніе непрерывной полосы свѣта. Если прекратить движеніе зеркала и помѣстить надъ пламенемъ трубку длиною въ 6 футовъ и 9 дюймовъ, то пламя въ моментъ образованія звука вдругъ измѣнитъ свою форму, сохраняя впрочемъ опредѣленное очертаніе на ширмѣ. Но достаточно сдѣлать движеніе зеркаломъ, чтобы получить совершенно другое: вмѣсто непрерывной полосы свѣта, намъ представится рядъ довольно ясныхъ изображеній звучащаго пламени. По мѣрѣ движенія зеркала, разстоянія измѣняются такъ, что вращая зеркало извѣстнымъ образомъ, можно дать изображеніямъ пламени видъ кольца Этотъ опытъ гораздо лучше наблюдать въ темной комнатѣ. Его можно производить различнымъ образомъ. Деревянная треугольная призма, въ каждую сторону которой вставлено зеркало, привѣшивается вертикально на шкуркѣ; шнурокъ закручивается, вслѣдствіе чего сообщается вращательное движеніе призмѣ. Эта послѣдняя помѣщается такъ, что свѣтъ пламени, прошедши черезъ оптическое стекло, попеременно падаетъ на одну изъ сторонъ призмы и отражается на ширмѣ. Въ началѣ движенія *раздѣленія* едва замѣтны, но потомъ, съ увеличеніемъ скорости вращенія призмы, они увеличиваются, и достигаютъ наибольшей величины, послѣ чего снова уменьшаются и наконецъ образуютъ свѣтлую непрерывную полосу. При дальнѣйшемъ увеличеніи скорости движенія получаются тѣже результаты. При этомъ опытѣ сторона трубки, обращенная къ ширмѣ, обыкновенно намазывается сажею, чтобы свѣтъ не падалъ прямо на ширму. (*) Но каково состояніе пламени въ промежуткѣ

(*) Слѣдующее мѣсто изъ статьи *Уитстона* показываетъ, что опытъ съ вращающимся зеркаломъ, былъ еще прежде сдѣланъ имъ:» пламя водороднаго газа, горя на открытомъ воздухѣ, отражается въ зеркалѣ въ видѣ непрерывнаго круга; но, издавая звукъ въ стеклянной трубкѣ, оно производитъ

между двумя изображеніями? Свѣтъ пламени обыкновеннаго, или углеводороднаго газа происходитъ вслѣдствіе нахожденія въ немъ частицъ угля. Если подуть на свѣтлое пламя газа, то услышимъ звукъ, происходящій собственно отъ маленькаго взрыва; вслѣдствіе этого дуновенія свѣтъ совсѣмъ можетъ исчезнуть. Ночью во время вѣтра, газовые рожки горятъ тускло. Подобнымъ-же образомъ обыкновенная струя паяльной трубки уничтожаетъ блестящій свѣтъ горящаго углеводороднаго газа.

Отсюда можно заключить, что взрывы, повтореніемъ которыхъ производится музыкальный звукъ, до того усиливаютъ горѣніе, что уничтожаютъ даже твердыя частицы угля; — но намъ казалось, что при болѣе точномъ изслѣдованіи, изображенія на ширмѣ должны соединяться тусклыми мѣстами, которыя вслѣдствіе употребляемаго въ этомъ опытѣ пріема, а именно проэктированія изображенія на ширму, очень легко могли ускользать отъ наблюденія; это дѣйствительно на дѣлѣ и оказалось. Для этаго опыта берется сколь возможно малое пламя углеводороднаго газа и трубка длинною въ 3 фута 2 дюйма, которая помѣщается надъ нимъ; пламя, издавая звукъ, удлинняется и теряетъ часть своего свѣта, оставаясь однако на своей верхушкѣ блестящимъ. Если посмотрѣть теперь на него въ движущееся зеркало, то увидимъ великолѣпную четкообразную линію; противъ каждой четки находится маленькая яркая звѣзда, за которой слѣдуетъ синяя полоса. По прекращеніи же этой послѣдней, остается совершенно темное мѣсто между этою звѣздою и слѣдующею за ней. Въ заключеніе прибавимъ, что на сколько мы можемъ объ этомъ судить, пламя дѣйствительно дѣлается слабѣе и сильнѣе, согласно съ звучными колебаніями.

Если спокойное пламя, вполнѣ чувствительное къ внѣшнему раздраженію, помѣстить въ трубку, то при разложеніи свѣтлой полосы, отражающейся въ зеркалѣ, нашимъ глазамъ представится великолѣпный рядъ перловъ, именно въ моментъ произнесенія голосомъ должной ноты. Не менѣе интересныя измѣненія въ пламени производитъ также катертонъ. Но мы не будемъ входить въ подробное описаніе этого предмета, считая изложенныя нами данныя вполнѣ достаточными, для произведенія дальнѣйшихъ опытовъ; тѣмъ болѣе, что наблюденіе въ этомъ отношеніи доставляетъ гораздо больше удовольствія, чѣмъ какое бы то ни было описаніе.

рядъ интермиссій, означающихъ попеременное сжатіе и расширеніе пламени, соотвѣствующее звучнымъ сотрясеніямъ столба воздуха.»—Phil. Trans 1834. p. 586.

Переводъ статьи Шафготша объ акустическихъ опытахъ, помѣщенной въ Phil. Mag. за декабрь 1857 года.

Если подуть въ открытую съ обѣихъ концовъ стеклянную трубку, то она издастъ полную и самую низкую ноту, какую только она можетъ произвесть. Приложивши ладонь къ одному изъ открытыхъ концовъ, получимъ звукъ, который будетъ октавою ниже перваго Если же употребить нагрѣваніе, то эти основныя ноты, изъ которыхъ только высокая здѣсь принимается во вниманіе, еще дѣлаются выше, какъ уже и было замѣчено. Такъ напримѣръ взявши трубку въ 212 миллиметра длины и 20 миллим. въ діаметрѣ, сильно разогрѣвши ее и подувши въ нее, мы получимъ гораздо высшій тонъ, а именно на большую терцію, то есть получится *G* діезъ въ дискантѣ, вмѣсто соотвѣтствующаго трубкѣ *E*. Если въ трубкѣ будетъ горѣть пламя газа въ 14 миллиметровъ длины и шириною въ одинъ миллиметръ въ основаніи, то тонъ возвысится до *F* діезъ въ дискантѣ. Тоже самое пламя возвышаетъ тонъ трубки, въ 273 миллим. длины и 21 миллим. ширины, въ дискантѣ до *E*. Для краткости назовемъ одну изъ этихъ трубокъ *E* а другую *D*, такъ такъ какъ онѣ служатъ главнымъ основаніемъ для произведенія всѣхъ опытовъ, цѣль которыхъ была показать особенно наглядно давно уже извѣстный фактъ, что столбъ воздуха, находящійся въ трубкѣ, при звукѣ, совпадающимъ съ основною нотою, или съ нотою близкою къ ней, начинаетъ колебаться.

Эти колебанія воздушнаго столба были сдѣланы замѣтными помощью дыма, газа и газоваго пламени.

1. Берется восковая свѣча и дымъ отъ нея пропускается сквозь трубку *E*, которая помѣщается надъ нею вертикально; дымъ этотъ представляется въ видѣ ровной полосы. На разстояніи 1,5 метра отъ трубки производится звукъ, соотвѣтствующій первому дискантовому *E*. При этомъ дымъ приходитъ въ волненіе и какъ будто бы одна его часть устремляется къ верхнему, а другая къ нижнему концу трубки.

2. Берется два газовыхъ рожка, отверстія которыхъ равняются одному миллиметру, ставятъ ихъ одинъ возлѣ другаго, надъ однимъ изъ нихъ нихъ ставятъ трубку *D*, въ которой пламя доходитъ почти до пятой части трубки, пламя же другаго рожка имѣетъ высоту 3 миллимиметра. На разстояніи 1,5 метра отъ нихъ производится звукъ, соотвѣтсвтющій первому дискантовому *D*; при этомъ пламя увеличивается въ длину и въ ширину, что происходитъ вслѣдствіе выдѣленія

большаго количества газа изъ внѣшняго рожка, которое можно объяснить только уменьшеніемъ струи его въ трубкѣ.

3) Пламя длиною въ 14 миллиметровъ выдѣляется изъ рожка, который входитъ въ трубку *D* почти на 80 миллим. На разстояніи 5,6 метровъ производится звукъ, соотвѣтствующій первому *E* въ дискантѣ: пламя при этомъ мгновенно потухаетъ. Тоже самое происходитъ когда звукъ производится на разстояніи 7 метровъ когда пламя входитъ только на 10 миллим, произведенный при этомъ звукъ соотвѣтствуетъ первому дискантовому *D* діезъ.

4) Это послѣднее пламя потухаетъ также и при нотѣ *G* діезъ, произведенной очень близко отъ него. Но различный шумъ, какъ хлопанье въ ладоши, двиганіе стуломъ не оказываетъ никакого дѣйствія.

5) Газовый рожокъ съ отверстіемъ величиною въ 0,5 миллим., входилъ въ трубку *D* на 60 миллим. и выдѣлялъ шарообразное газовое пламя отъ 3 до 3, 5 миллим. въ діаметрѣ. При постепенномъ закручиваніи крана, газъ выходилъ въ меньшемъ и меньшемъ количествѣ; при этомъ пламя вдругъ сдѣлалось длиннѣе, почти цилиндрической формы, голубоватаго цвѣта и изъ трубы получится звукъ, соотвѣтствовавшій второму *D* въ дискантѣ Это явленіе еще 80 лѣтъ назадъ было извѣстно подъ именемъ химической гармоники. При дальнѣйшемъ закручиваніи крана, тонъ дѣлается сильнѣе, пламя удлинняется, принимаетъ почти веретенообразную форму и наконецъ исчезаетъ.

То-же самое происходитъ, если взять ноту *D* или первое *D* въ дискантѣ на какомъ нибудь инструментѣ. Точно также и въ этомъ случаѣ пламя будетъ тѣмъ чувствительнѣе, чѣмъ оно будетъ меньше и чѣмъ далѣе рожокъ входитъ въ стеклянную трубку.

6) Длина пламени въ трубкѣ *D* была 2 или 3 милим., на разстояніи отъ нея 16,3 метровъ (болѣе 51 фута) былъ произведенъ звукъ, соотвѣтствовавшій первому *D* въ дискантѣ — пламя при этомъ приняло необыкновенную форму и издало звукъ, соотвѣтствовавшій второму *D* въ дискантѣ, и издавало его довольно продолжительное время.

7) Въ то время какъ еще звучала нота второе *D* въ дискантѣ, было взято первое *D* въ дискантѣ довольно громко и очень близко отъ трубки, — пламя при этомъ пріобрѣло довольно значительную длину и потомъ погасло.

8) Длина пламени была только 1.5 милим. и взята была нота — первое *D* въ дискантѣ; — пламя издало на мгновеніе второе *D* въ дискантѣ и потомъ исчезло. Точно такимъ же образомъ дѣйствуютъ на пламя

различные *D*; но *C* діезъ, или *D діезъ* неоказываютъ подобнаго дѣйствія.

Третіе *D* въ дискантѣ, взятое на *кларнетъ*, также дѣйствуетъ только на очень близкомъ разстояніи. Голосомъ произведенная нота также дѣйствуетъ.

9) Подобнымъ же образомъ дѣйствуетъ и нота G. Въ такомъ-же родѣ дѣйствуетъ шумъ, только не всякій, и иногда сильный и слишкомъ близкій остается безъ дѣйствія, — вѣроятно потому что въ немъ не заключается возбуждающей ноты.

10) Пламя, длиною почти въ 2,5 милим., спокойно горѣло въ трубкѣ *D*. Въ ближайшей комнатѣ, въ которую дверь была отворена, былъ произведенъ разомъ стукъ стуломъ о полъ — пламя вслѣдствіе этого издало мгновенный звукъ и потухло. Барабанъ иногда дѣйствуетъ такимъ же образомъ.

11) Пламя, вполнѣ способное издавать звукъ, горѣло въ трубкѣ *D*; эта послѣдняя была поднята сколь возможно высоко, но только такимъ образомъ, что бы пламя не возвратилось къ своему естественному состоянію. На разстояніи 1,5 метра была взята *сильно* и *отрывисто* нота— первое *D* въ дискантѣ, — пламя при этомъ, издавши гармоническій звукъ, приняло прежнее спокойное положеніе.

12) Тоже самое дѣйствіе получается если водить болѣе, или менѣе быстро рукою надъ верхнимъ, отверстіемъ трубки.

13) Въ трубку *D* вставлено было два рожка одинъ возлѣ другаго; одинъ изъ нихъ съ отверстіемъ въ 0,5 миллиметровъ открывался 5-тью милим. ниже другаго, имѣвшаго болѣе одного милим. въ діаметрѣ. Струи газа изъ нихъ выходили независимо одинъ отъ другаго; пламя газа, выходившее изъ узкаго рожка, было длиною въ 1,5 миллим. горѣло очень слабо; нота взятая при этомъ, соотвѣтствовала первому *D*, въ дискантѣ— слабое пламя вслѣдствіе этого сдѣлалось длиннѣе и сообщило огонь струѣ газа, выходившей изъ болѣе широкаго рожка. Если произвесть болѣе сильный тонъ, то слабое пламя потухнетъ и огонь изъ одного рожка передастся другому. Вскорѣ послѣ этого слабое пламя зажигается опять сильнымъ, такъ что, потушивши это послѣднее, можно снова повторить опытъ.

14) Если пристально смотрѣть па пламя химической гармоники и въ то-же время быстро качать головой направо и налѣво, то вмѣсто свѣтлой полосы, намъ представится рядъ изображеній пламени въ видѣ зубчатыхъ и колеблющихся фигуръ, которыя въ особенности бываютъ за-

мѣтны, когда для этого опыта употребляются трубки въ 1 метръ, и пламя длиною въ одинъ сантиметръ То же самое получается, если взять лорнетъ и двигать его передъ глазами въ ту и другую сторону, или вокругъ, или при помощи вращающагося зеркала которое употреблялъ Уитстонъ.

Зависимость между впечатлѣніями цвѣта и строеніемъ сѣтчатой оболочки глаза.

Разсматриваніе явленій свѣта въ связи съ явленіями звука можетъ привести ко многимъ интереснымъ соображеніямъ. Извѣстно, что если въ комнатѣ будетъ находиться настроенная скрипка, то она будетъ откликаться, когда вблизи ея возьмутъ ноту, соотвѣтствующую одной изъ ея струнъ. Только на эти ноты откликается скрыпка: при всѣхъ звукахъ, не совпадающихъ съ звуками, издаваемыми струнами ея, скрыпка остается безмолвною. Дѣйствительно, струна, извѣстнымъ образомъ натянутая и извѣстной длины, можетъ издавать при своихъ колебаніяхъ только одинъ совершенно опредѣленный звукъ; другими словами, струна, выведенная изъ состоянія равновѣсія, можетъ совершать извѣстное число колебаній въ секунду, и если хотимъ что бы число колебаній, а слѣдовательно и звукъ, издаваемый струною, были другіе, то необходимо измѣнить длину, или натянутость струны, или - же то и другое вмѣстѣ. Когда звуковыя колебанія, распространяющіяся въ воздухѣ, достигаютъ струны, то они могутъ побудить ее колебаться правильно только въ томъ случаѣ, когда число колебаній воздуха совпадаетъ съ числомъ возможныхъ для струны колебаній; другими словами — когда число колебаній, которыя совершала бы струна вслѣдствіе своей собственной упругости, равняется числу колебаній, сообщаемыхъ ей воздухомъ. Въ противномъ случаѣ не можетъ произойти правильныхъ колебаній, потому что колебанія воздуха и собственная упругость струны побуждаютъ струну совершать не одинаковыя колебанія Когда же не будетъ правильныхъ колебаній, то не будетъ и звука.

Сѣтчатая оболочка глаза состоитъ изъ нервныхъ нитей различной толщины. Для нитей этихъ возможны только извѣстнаго рода колебанія, каждая изъ нихъ можетъ совершать только извѣстное число колебаній въ секунду, соотвѣтственно своей длинѣ и своей упругости. Впечатлѣнія свѣта, по теоріи вибрацій, зависятъ отъ правильныхъ колебаній нер-

вныхъ нитей; цвѣтъ свѣта — отъ числа колебаній въ единицу времени. Если до какой нибудь нервной нити достигаетъ извѣстное свѣтовое колебаніе, то она можетъ быть побуждена имъ къ совершенію правильныхъ качаній только въ томъ случаѣ, когда она сама могла бы совершать такія колебанія послѣ того, какъ мы выведемъ ее изъ состоянія равновѣсія. Въ противномъ случаѣ колебанія будутъ неправильныя, и мы не получимъ впечатлѣнія свѣта. Сѣтчатая оболочка глаза можетъ быть поэтому воспріимчива только къ извѣстнаго рода колебаніямъ, соотвѣтственно тому, каковы длины и упругости различныхъ нитей, составляющихъ сѣтку. Нервная сѣтка человѣческаго глаза впечатлительна только къ колебаніямъ, число которыхъ измѣняется въ предѣлахъ чиселъ соотвѣтствующихъ красному и фіолетовому цвѣтамъ. Всѣ другія колебанія не производятъ впечатлѣнія свѣта въ глазѣ человѣка. Но, по замѣчанію Уолластона, можетъ случиться, что сѣтчатая оболочка глаза у различныхъ животныхъ впечатлительна къ различнымъ свѣтовымъ колебаніямъ, отличнымъ отъ тѣхъ, къ которымъ впечатлительна сѣтчатая оболочка человѣческаго глаза. На такіе глаза могутъ производить впечатлѣнія свѣта тѣ лучи, которыя не дѣйствуютъ на человѣческій глазъ; въ частяхъ спектра, лежащихъ около краснаго и оказывающихъ сильное дѣйствіе на термометрѣ, а также въ частяхъ, лежащихъ около фіолетоваго цвѣта и способствующихъ химическимъ дѣйствіямъ, въ этихъ частяхъ, въ которыхъ мы свѣта не наблюдаемъ, глаза съ отличными нервными сѣтками могутъ наблюдать его. Уолластонъ наблюдалъ впечатлѣнія, производимыя звукомъ на различныхъ насѣкомыхъ, и эти то наблюденія и привели его къ только что высказанному мнѣнію. Могутъ спросить, что же дѣлается съ тѣми колебаніями, которыя проникаютъ въ глазъ и не производятъ впечатлѣнія свѣта? Въ природѣ ничто не пропадаетъ безслѣдно: вмѣсто прекратившагося движенія всегда является одно или нѣсколько эквивалентныхъ ему. Слѣдовательно и тѣ колебанія, которыя не могутъ сообщить нитямъ нервной сѣтки правильныхъ колебаній, во всякомъ случаѣ заставляютъ ихъ колебаться. По всѣмъ вѣроятіямъ эти неправильныя колебанія совпадаютъ съ нагрѣваніемъ сѣтки, потому что нѣтъ основанія думать, что теплота зависитъ также отъ правильныхъ или, говоря болѣе опредѣлительно, равновременныхъ колебаній. Все, что мы знаемъ о явленіяхъ теплоты, заставляетъ насъ думать, что теплота зависитъ отъ колебаній; но нѣтъ надобности допускать, что эти колебанія всегда должны быть правильныя. Всякія колебанія атомовъ производятъ на насъ впечатлѣніе теплоты. Но если

эти колебанія будутъ правильныя и число ихъ въ одну секунду будетъ находиться между тѣми числами, которыя соотвѣтствуютъ красному и фіолетовому цвѣтамъ, (для краснаго 450, для фіолетоваго 790 билліоновъ колебаній въ 1″), то они сверхъ нагрѣванія, произведутъ еще впечатлѣніе свѣта.

А. Ш.

ЛЕКЦІЯ IX.

Законъ уменьшенія съ увеличеніемъ разстоянія, продольныя волны звука; поперечныя волны свѣта. — Колебаніе частицъ различныхъ тѣлъ сообщаетъ эѳиру разныя количества движенія. — Лучеиспусканіе.—сообщеніе движенія эѳиру; поглощеніе — принятіе движенія отъ эѳира. — Поверхности, хорошо испускающія лучи, хорошо поглощаютъ ихъ. — Слишкомъ плотное укрываніе шерстянымъ одѣяломъ ускоряетъ охлажденіе.—Предохранительное дѣйствіе листоваго золота. Атомы тѣлъ уничтожаютъ иныя волны и пропускаютъ свободно другія. — Прозрачность для лучей свѣта и для лучей теплоты (діатермансія). — Тѣла, прозрачныя для лучей теплоты, дурно испускаютъ ихъ. Качества лучистой теплоты. Лучи, проходящіе безъ поглощенія, не нагрѣваютъ вещества.— Воздухъ можетъ пропускать самые сильные солнечные лучи, оставаясь ниже температуры замерзанія.—Количество свѣтлыхъ и темныхъ лучей въ разныхъ огняхъ.

Я сказалъ, что напряженность лучистой теплоты уменьшается съ разстояніемъ, подобно свѣту. По какому-же закону уменьшается свѣтъ?

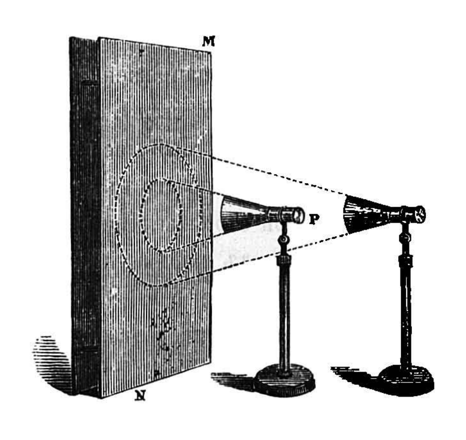
Возьмемъ квадратный листъ бумаги, длиною въ 2 фута съ каждой стороны; я складываю его въ меньшій четвероугольникъ, длиною въ 1 футъ съ каждой стороны. Поставимъ электрическую лампу на разстояніи 16 футовъ отъ ширмы; на самой же срединѣ между лампой и ширмой, то есть на разстояніи 8 футовъ отъ той и другой, я буду держать этотъ бумажный четвероугольникъ; лампа открыта, такъ что лучи свободно расходятся во всѣ стороны. Вы видите на ширмѣ тѣнь бумажнаго четвероугольника. Помощникъ мой измѣритъ величину этой тѣни; тогда я разверну бумажный листъ, чтобы получить первоначальный большой квадратъ; вы видите по сгибамъ, что поверхность его вчетверо больше поверхности меньшаго квадрата. Приложивъ этотъ большой

листъ къ ширмѣ, я нахожу что онъ вполнѣ равняется тѣни меньшаго квадрата.

И такъ, когда меньшій квадратъ находился на серединѣ между лампой и ширмой, на него падало такое количество свѣта, которое, при удаленіи меньшаго квадрата, распространяется на поверхность вчетверо большую на ширмѣ. Но если тоже количество свѣта распространится на поверхность вчетверо большую, оно должно вчетверо слабѣе освѣщать ее. Слѣдовательно, удвоивъ разстояніе отъ источника свѣта, мы уменьшаемъ напряженность его въ 4 раза. Совершенно одинаковымъ способомъ мы могли бы доказать, что увеличивая разстояніе въ 3 раза, мы уменьшаемъ напряженность въ 9 разъ; а при увеличеніи разстоянія въ 4 раза, напряженность уменьшилась бы въ 16 разъ: однимъ словомъ мы этимъ доказываемъ законъ, что напряженность свѣта обратно пропорціональна квадратамъ разстояній. Это и есть законъ *обратной пропорціональности квадратовъ разстоянія*, въ приложеніи къ свѣту.

Но я сказалъ, что уменьшеніе напряженности теплоты происходитъ по этому же закону. Обратите вниманіе на слѣдующій опытъ. Я беру узкій но плоскій сосудъ, одна изъ сторонъ котораго равна квадратному ярду MN (фиг. 82); замѣтьте, что эта сторона покрыта сажей. Чтобы превратить эту поверхность въ источникъ лучистой теплоты, я наполняю сосудъ горячей водой. Теперь я надѣваю на электрическій столбъ P. конусообразный рефракторъ; вмѣстѣ съ тѣмъ, я покрываю внутренность пустаго въ срединѣ конуса черной бумагой, которая не только не отражаетъ теплоту, могущую косвенно подать на нее, но совершенно уничтожаетъ всякое косвенное отраженіе. Электрическій столбъ соединенъ съ гальванометромъ; я направляю рефракторъ противъ поверхности, служащей источникомъ лучистой теплоты, — такъ

Фиг. 82.

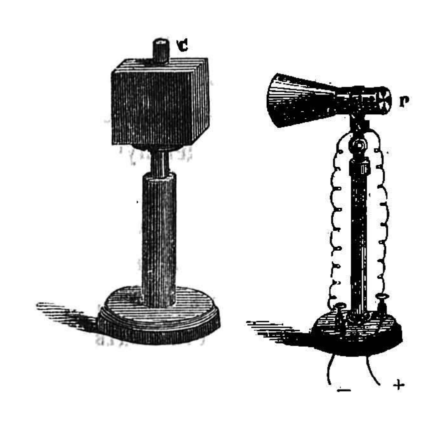


что столбъ находится на разстояніи 6-ти дюймовъ отъ этой поверхности. Стрѣлка гальванометра движется; подождемъ, чтобы она окончательно установилась. Мы видимъ, что она установилась на 60°; въ этомъ положеніи она останется до тѣхъ поръ, пока не измѣнится температура поверхности, испускающей лучи. Теперь я буду постепенно отодвигать столбъ отъ поверхности и попрошу васъ слѣдить за измѣненіями положенія стрѣлки гальванометра. Вы конечно ожидаете, что, по мѣрѣ отдаленія отъ источника теплоты, напряженность ея будетъ уменьшаться, и что отклоненіе стрѣлки гальванометра измѣнится, соотвѣтственно этому. Разстояніе увеличивается вдвое, но стрѣлка не измѣняетъ своего положенія; я увеличиваю его втрое и она все остается неподвижной; я постепенно увеличиваю разстояніе въ 4, въ 5 и наконецъ въ 10 разъ; но стрѣлка по прежнему отклонена на 60°. Повидимому напряженность нисколько не уменьшается съ увеличеніемъ разстоянія. Этимъ опытомъ, который, при первомъ взглядѣ, противорѣчитъ закону обратной пропорціональности квадратамъ разстояній въ приложеніи къ теплотѣ, Меллони подтвердилъ этотъ самый законъ, слѣдующимъ, весьма остроумнымъ способомъ. Поставимъ электрическій столбъ противъ поверхности, испускающей лучи. Если мы представимъ себѣ, что пустой конусъ, находящійся на столбѣ, удлиннёнъ, то онъ начертитъ кругъ на поверхности, испускающей лучи. Лучи попадаютъ въ столбъ только изъ этого круга; всѣ другіе лучи останавливаются черной подкладкой конуса. Я отодвигаю электрическій столбъ, чтобы удвоить разстояніе; предполагая, что конусъ удлиненъ, то кругъ, ограниченный имъ на лучеиспускающей поверхности, будетъ въ четыре раза больше перваго; при разстояніи, увеличенномъ въ 3 и наконецъ въ 10 разъ, эта поверхность увеличится въ 9 и во 100 разъ. Но неизмѣнность отклоненія стрѣлки показываетъ, что расширеніе поверхности, испускающей лучи, вполнѣ уравновѣшивается уменьшеніемъ напряженности ихъ: поверхность эта увеличивается пропорціонально квадратамъ разстояній, слѣдовательно *напряженность теплоты должна уменьшаться пропорціонально квадратамъ разстоянія*. Такимъ образомъ опытъ, съ перваго взгляда противорѣчащій этому закону, въ сущности подтверждаетъ его—просто и безспорно.

Теперь мы снова обратимся къ нашимъ основнымъ понятіямъ о лучистой теплотѣ. Она происходитъ отъ колебанія самыхъ мелкихъ частицъ вещества,—движеніе это сообщается эѳиру и волнообразно распространяется въ немъ. Но движеніе эѳирныхъ волнъ отличается отъ

движенія воздуха, производимаго звукомъ. Воздушныя частицы двигаются въ ту и другую сторону по направленію, по которому распространяется звукъ; частицы эѳира двигаются въ разныя стороны, пересѣкая линію, по которой распространяется свѣтъ. Движеніе воздуха продольное — движеніе эѳира поперечное. Эѳирныя волны похожи больше на рябь воды, чѣмъ на сотрясеніе воздуха, производимое звукомъ; это подтверждается явленіями свѣта. Но ясно, что движеніе, происходящее въ эѳирѣ, зависитъ отъ свойства колеблющейся массы; одинъ атомъ можетъ быть неподвижнѣе другихъ; но одинъ атомъ конечно не можетъ имѣть такого вліянія, какъ цѣлая двигающаяся система атомовъ. Такъ если будутъ нагрѣты два различныхъ тѣла, мы можемъ ожидать, что они не въ одинаковой степени возбудятъ движенія въ эѳирѣ. По всей вѣроятности иныя тѣла могутъ сообщать болѣе движенія, нежели другія: иначе сказать, нѣкоторыя тѣла испускаютъ большее количество лучей чѣмъ другія. Лучеиспусканіе, по точному опредѣленію, есть переходъ движенія изъ частицъ нагрѣтаго тѣла въ эѳиръ, окружающій эти частицы. Провѣримъ это опредѣленіе опытомъ. Вотъ кубическій сосудъ C (фиг. 83). Это кубъ Лесли, названный такъ отъ того, что его употреблялъ Джонъ Лесли въ своихъ великолѣпныхъ изслѣдованіяхъ надъ лучистой теплотою. Этотъ сосудъ оловянный, но одна изъ его наружныхъ сторонъ обложена золотымъ листомъ, другая — серебрянымъ, третья — мѣднымъ; четвертая же покрыта слоемъ рыбьяго клея. Я наполняю кубъ горячей водой и, держа его постоянно въ одномъ разстояніи отъ термоэлектрическаго столба *P*, поворачиваю къ столбу всѣ стороны сосуда, въ послѣдовательномъ порядкѣ. Вы видите, что нагрѣтая золотая поверхность почти не производитъ отклоненія стрѣлки; разогрѣтое серебро также недѣйствуетъ, равно какъ и мѣдь, но если повернуть къ столбу поверхность, покрытую клеемъ, то приливъ теплоты вдругъ увеличивается, и стрѣлка, какъ видите, подвигается до 90°. Изъ этого мы заключаемъ, что частицы лака, приведе-

Фиг. 83.



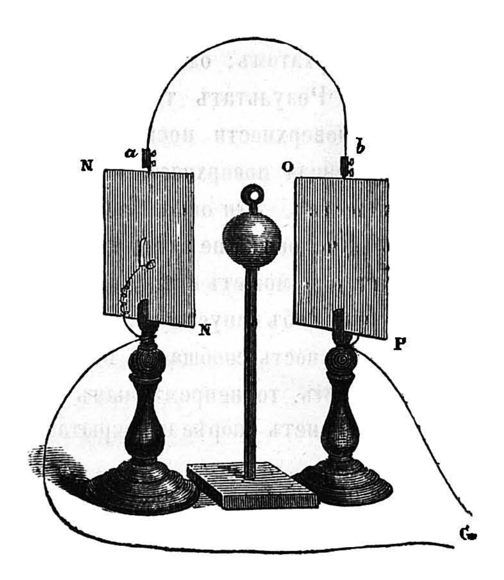
ныя въ движеніе горячей водой, находящейся въ кубѣ, сообщаютъ эѳиру болѣе движенія, нежели металлическія частицы, вслѣдствіе какой нибудь физической причины; другими словами, лакъ — лучшій лучеиспускатель нежели металлы. Сравнивъ серебрянный чайникъ съ фаянсовымъ, я получаю такой же результатъ; наполнивъ оба чайника кипящей водой, вы видите, что серебро производитъ слабое дѣйствіе, между тѣмъ какъ фаянсъ испускаетъ такое множество лучей теплоты, что стрѣлка подвигается до 90°. Если сравнить такимъ же образомъ оловянный сосудъ съ стеклянным, то лучи испускаются стекломъ въ большемъ количествѣ, чѣмъ оловомъ. Вы часто слышали о вліяніи цвѣта на количество испускаемыхъ лучей; но нѣтъ сомнѣнія, что большая часть слышаннаго вами не оправдывается опытомъ. Вотъ кубъ, одна сторона котораго покрыта испанскими бѣлилами, другая — карминомъ, третья голландской сажей, а четвертая не покрыта ничѣмъ. Кубъ наполненъ горячей водой, и я поворачиваю его къ столбу, сперва черной стороной; стрѣлка подвигается и останавливается на 65°. Кубъ стоитъ на вертящейся платформѣ, повернувъ которую, я поворачиваю кубъ къ столбу бѣлой стороной его; стрѣлка остается неподвижно на прежнемъ мѣстѣ, что доказываетъ, что испусканіе лучей бѣлою поверхностью такъ же велико, какъ и черной. Я поворачиваю къ столбу красную поверхность куба, и стрѣлка не перемѣняетъ своего положенія. Но когда я поверну непокрытую сторону куба, стрѣлка немедленно возвращается къ 0°, доказывая, что металлическая поверхность худо испускаетъ лучи теплоты. Этотъ опытъ я повторю съ другимъ кубомъ, стѣнки котораго покрыты бархатомъ; одна стѣнка чернымъ, другая бѣлымъ, третья краснымъ. Результатъ тотъ же какъ и въ первомъ случаѣ: всѣ три бархатныя поверхности посылаютъ лучи въ одинаковомъ количествѣ; но обнаженная поверхность испускаетъ ихъ сравнительно въ меньшемъ количествѣ. Эти опыты показываютъ, что лучеиспусканіе теплоты платьемъчеловѣка не зависитъ отъ цвѣта платья; равно и цвѣтъ шерсти животнаго не можетъ имѣтьвліянія на испусканіе лучей. Таковы заключенія Меллони объ испусканіи лучей темной теплоты (*).

Но если покрытая поверхность сообщаетъ больше движенія эѳиру нежели непокрытая поверхность, то непремѣннымъ слѣдствіемъ будетъ то, что покрытый сосудъ остынетъ скорѣе непокрытаго. Вотъ два куба:

(*) Посредствомъ одного обширнаго и точнаго изслѣдованія превосходящаго въ этомъ отношеніи опыты Меллони, я нашелъ что его выводы требуютъ нѣкоторыхъ измѣненій.

изъ нихъ одинъ покрытъ голландской сажей. Начиная лекцію я наполнилъ ихъ кипящей водой и поставилъ въ каждый сосудъ по термометру. Вначалѣ оба термометра показывали одинаковую температуру, но въ настоящую минуту одинъ изъ нихъ на два градуса ниже: въ одномъ изъ сосудовъ охлажденіе происходитъ быстрѣе, а именно въ сосудѣ съ покрытою поверхностью. Вотъ еще два сосуда, одинъ съ металлической поверхностью, другой-же туго обшитъ фланелью. Полчаса тому назадъ термометры, погруженные въ сосуды, показывали одинаковыя температуры; но теперь температура различна; въ обшитомъ сосудѣ она ниже на два или на три градуса. Обыкновенно стараются предохранить чайникъ отъ охлажденія покрывая его чѣмъ нибудь. Но не нужно плотно покрывать его: въ такомъ случаѣ, хотя покрышка будетъ хорошимъ лучеиспускателемъ теплоты, вліяніе этого свойства будетъ вознаграждаться временемъ, которое теплота возьметъ на то, чтобы дойти до внѣшней стороны покрышки. Если же она слишкомъ плотно покрываетъ сосудъ, то она увеличиваетъ потерю теплоты, вмѣсто того, чтобы уменьшать ее и потому дѣлаетъ болѣе вреда чѣмъ пользы. Одинъ изъ самыхъ замѣчательныхъ вопросовъ, находящихся въ связи съ нашимъ предметомъ, есть взаимность, существующая между способностію тѣла посылать лучи или сообщать движеніе эѳиру и между способностью его поглощать лучи или принимать движеніе отъ эѳира. Относительно выхода лучей мы уже сравнивали голландскую сажу и мѣлъ съ металлическими поверхностями; теперь мы

Фиг. 84



будемъ сравнивать силу поглощенія этихъ-же самыхъ веществъ. Я беру два жестяные листа *MN*, *OP* (фиг. 84). Одинъ покрытъ бѣлилами, другой непокрытъ ничѣмъ. Я ставлю ихъ параллельно другъ къ другу на разстояніи двухъ футовъ. Къ краю каждаго листа придѣланъ прижимающій винтъ; отъ одного листа до другаго протянута мѣдная проволока *ab*, соединяющая листы. Сзади обоихъ листовъ я припаялъ конецъ маленькой пластинки изъ висмута, къ другому концу которой, *e*, припаяна проволока, оканчивающаяся прижимающимъ винтомъ. Къ этимъ двумъ прижимающимъ винтамъ я прикрѣпляю концы двухъ проволокъ идущихъ отъ гальванометра *G*, и вы теперь видите непрерывную цѣпь, включающую гальванометръ. Вы уже знаете назначеніе висмутовыхъ пластинокъ. Я кладу палецъ на лѣвую пластинку; теплота его немедленно вызываетъ электрическій токъ, который идетъ изъ висмута въ жесть, оттуда въ проволоку соединяющую оба листа, потомъ идетъ вокругъ гальванометра до точки, гдѣ онъ образовался. Вы наблюдаете дѣйствіе: стрѣлка гальванометра описываетъ большую дугу, красный конецъ ея направляется въ вашу сторону. Теперь соединеніе жести съ висмутомъ охлаждается, стрѣлка возвращается къ нулю. Я кладу палецъ на висмутъ, находящійся за другимъ жестянымъ листомъ; вы видите сильное отклоненіе стрѣлки въ противоположную сторону; красный конецъ ея приближается ко мнѣ. Я опять отнимаю палецъ, соединеніе охлаждается, и стрѣлка возвращается къ нулю.

Я ставлю эту подставку на самой серединѣ между жестяными листами; на подставку кладу нагрѣтый мѣдный шаръ; шаръ посылаетъ теплоту къ листамъ. Но съ правой стороны лучи падаютъ на покрытую поверхность, а съ лѣвой на обнаженную металлическую поверхность. Если обѣ поверхности одинаково поглотятъ лучистую теплоту,—если обѣ пріймутъ въ равной степени движеніе эеирныхъ волнъ, — висмутовыя соединенія позади листовъ нагрѣются одинаково, возбудятся равные, но противуположные токи и дѣйствіе одного уничтожится дѣйствіемъ другаго. Но если одна поверхность будетъ поглощать лучи сильнѣе другой, то эта поверхность сильнѣе нагрѣетъ висмутовую полоску, и это произведетъ отклоненіе стрѣлки гальванометра, которое покажетъ намъ, съ какой стороны поглощеніе сильнѣе. Шаръ лежитъ на подпорѣ, и какъ видите, намъ недолго ждать рѣшенія этого вопроса. Быстрое и сильное отклоненіе стрѣлки показываетъ намъ, что покрытая поверхность поглощаетъ сильнѣе. Такимъ-же способомъ я сравниваю голландскую сажу и лакъ съ

жестью и нахожу, что первыя два вещества поглощаютъ теплоту гораздо лучше. (*)

Самые тонкіе металлическіе слои могутъ сильно препятствовать поглощенію лучистой теплоты. Я беру листъ «золотой бумаги», которой позолота состоитъ почти исключителъно изъ очень тонкаго листа мѣди.

Вотъ красный порошокъ, — іодистая ртуть, которымъ я покрываю оборотную сторону золотой бумаги. Это соединеніе іода, какъ извѣстно, теряетъ отъ теплоты красный цвѣтъ и порошокъ становится тогда блѣдно-желтымъ. Я кладу бумагу окрашеной стороной на доску; на металлической сторонѣ ея я наклеиваю куски обыкновенной почтовой бумаги. На мѣдной поверхности бумаги можно такимъ образомъ наклеить всевозможныя бумажныя фигуры. Взявъ раскаленную лопаточку, я провожу ее нѣсколько разъ надъ листомъ. Лопаточка сильно нагрѣваетъ его, но мнѣ кажется, что лучи ея поглощаются бумагой очень неравномѣрно. Металлическая поверхность поглощаетъ мало; бумажныя поверхности поглощаютъ въ большемъ количествѣ. Оборотивъ листъ вы увидите слѣдствіе этого: подъ металлической частью бумаги іодистая ртуть осталась неизмѣненною; но подъ всякимъ кускомъ наклеенной бумаги цвѣтъ ея измѣнился, и на нижней сторонѣ бумаги явился вѣрный снимокъ каждой бумажной фигурки, наклеенной на лицевой сторонѣ листа. Вотъ еще одинъ примѣръ въ такомъ же родѣ: лучи сильнаго огня падали на крашеный кусокъ дерева (фиг. 85), на которомъ было напечатано золотыми цифрами 338; краска поднялась и пригорѣла вокругъ буквъ и по всей окружающей поверхности, но подъ буквами дерево и краска остались невредимы. Этой тонкой золотой оболочки было достаточно для того, чтобы мѣшать поглощенію лучей, которое было причиною поврежденія окружающей поверхности. (**)

Фиг. 85.



(*) Согласно съ Меллони, цвѣтъ не имѣетъ вліянія на поглощеніе темной теплоты, но онъ имѣетъ сильнѣйшее вліяніе на свѣтлую теплоту, напримѣръ на теплоту солнца.

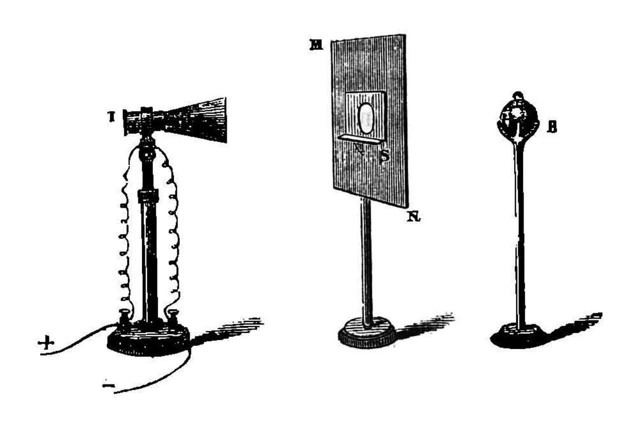
(**) См. примѣчаніе въ концѣ лекціи: Объ испусканіи и поглощеніи теплоты.

Эѳиръ, въ которомъ распространяются лучи, наполняетъ звѣздное пространство. Онъ соединяетъ міръ въ одно цѣлое и дѣлаетъ возможнымъ сообщеніе между звѣздами. Но это тонкое вещество проникаетъ далѣе; оно окружаетъ самые атомы твердыхъ и жидкихъ веществъ. Прозрачность тѣлъ происходитъ отъ того, что атомы ихъ относятся къ эѳиру слѣдующимъ образомъ: эѳирныя волны, отъ которыхъ зависитъ свѣтъ, могутъ свободно проходить между атомами и не сообщаютъ имъ своего движенія. Въ цвѣтныхъ тѣлахъ нѣкоторые волны эѳира уничтожаются или поглощаются, но тѣ которыя даютъ цвѣтъ тѣлу проходятъ въ цѣлости. Черезъ этотъ растворъ сѣрно-кислой соли мѣди голубыя волны проходятъ безпрепятственно, но красныя уничтожаются. Я получаю свѣтовой спектръ на экранѣ; пропустивъ этотъ спектръ черезъ растворъ, мы увидимъ, что красный конецъ изображенія потерянъ. Напротивъ того, этотъ кусокъ краснаго стекла получаетъ цвѣтъ отъ длиннѣйшихъ красныхъ волнъ, которыя свободно проходятъ въ немъ, между тѣмъ какъ другія, кратчайшія волны поглощены. Держа стекло между ними и спектромъ, вы увидите на экранѣ только яркую красную полосу, а голубая часть изображенія изчезнетъ. Голубая жидкость поглощаетъ лучи, прошедшіе сквозь красное стекло; красное стекло поглощаетъ лучи прошедшіе сквозь жидкость; соединивъ оба вещества, мы задержимъ всѣ лучи. Поставивъ голубую жидкость и стекло противъ спектра, мы вовсе не видимъ изображенія; соединеніе этихъ двухъ прозрачныхъ тѣлъ даетъ столь же непрозрачное тѣло, какъ смола или уголь. Вотъ другая жидкость—растворъ марганистаго поташа — которую я ставлю въ направленіи луча. Смотрите, что сдѣлалось съ изображеніемъ: оба конца его красной и голубой свободно прошли, но между ними находится пространство густаго чернаго цвѣта. Желтый цвѣтъ изображенія безпощадно уничтоженъ жидкостью; желтые лучи не могутъ проходить сквозь сплетеніе ея атомовъ; между тѣмъ какъ красные и голубые лучи скользятъ мимо атомовъ и проходятъ между ними безъ особеннаго препятствія. Отъ этого происходитъ великолѣпный цвѣтъ жидкости. — Я поверну лампу такъ, чтобы на экранѣ явился свѣтлый кругъ, имѣющій въ діаметрѣ 2 фута. Теперь я ставлю между лампой и свѣтлымъ кругомъ эту жидкость; что можетъ быть прекраснѣе цвѣта этого круга? Когда я пропущу этотъ свѣтъ черезъ призму, то вы увидите въ ней составныя части этого прекраснаго цвѣта: фіолетовая часть отдѣлится отъ красной. Вы видите на экранѣ два отдѣльные круга этихъ цвѣтовъ; въ серединѣ круговъ оба цвѣта смѣшиваются и составляютъ

тотъ самый цвѣтъ, который приняла жидкость отъ проходящихъ въ ней лучей свѣта.

Такимъ образомъ тѣла имѣютъ относительно волнъ свѣта избирательную силу, поглощаютъ извѣстнаго рода волны и пропускаютъ свободно другія. Прозрачность для одной волны не предполагаетъ прозрачности для другихъ волнъ, и мы можемъ заключить изъ этого совершенно разумно, что прозрачность для свѣта не предполагаетъ прозрачности для лучистой теплоты. Это заключеніе вполнѣ оправдывается опытомъ. Вотъ жестяная ширма *MN* (фиг: 86) съ отверстіемъ, около нижней части

Фиг. 86.



котораго припаянъ небольшой выступъ *S*. Я кладу раскаленный мѣдный шаръ *B* на отдѣльную подпорку. Съ другой стороны ширмы я ставлю термоэлектрическій столбъ *P*; лучи проходятъ изъ шара въ отверстіе ширмы и падаютъ на столбъ, — стрѣлка отклоняется и наконецъ останавливается на 80°.

Вотъ стеклянная чашечка, шириною въ $^1/_4$ дюйма, которую я наполняю дистиллированной водой. Я ставлю чашечку на выступъ такъ, чтобы всѣ лучи, падающіе на столбъ, проходили черезъ нее. Что-же происходитъ? Стрѣлка постепенно возвращается почти до нуля; ни одинъ почти лучь шара не можетъ пройти черезъ воду. Вода непрозрачна для лучей теплоты, выходящихъ изъ шара, не смотря на чрезвычайную прозрачность ея для лучей свѣта. Не снимая чашечки съ водой я ставлю рядомъ съ ней такую-же чашечку, содержащую прозрачный двусѣрнистый углеродъ такъ, что, минувъ воду, я оставляю у входа отверстія

другую жидкость. Что-же происходитъ? Стрѣлка быстро отклоняется и описываетъ большую дугу. Тѣ самые лучи, которые не пропустила вода, прошли свободно черезъ двусѣрнистый углеродъ. Такимъ-же способомъ я сравниваю алкоголь съ хлористымъ фосфоромъ, и нахожу первый почти непрозрачнымъ къ лучамъ нагрѣтаго шара, между тѣмъ какъ послѣднiй пропускаетъ ихъ свободно.

То-же самое происходитъ съ твердыми тѣлами. Я беру кусокъ очень чистаго стекла, ставлю его на выступъ и, замѣнивъ шаръ *B* кубомъ съ горячей водой, предоставляю лучамъ проходить изъ нагрѣтаго куба въ стекло, если имъ это возможно. Мы незамѣчаемъ ни малѣйшаго движенiя стрѣлки. Я замѣняю стеклянную плиту пластинкою изъ каменной соли, которая въ десять разъ толще стекла. Вы видите какъ скоро отклоняется стрѣлка до 90°. И такъ каменная соль въ высшей степени прозрачна къ этимъ лучамъ, стекло-же не пропускаетъ ихъ. Этими выводами и множествомъ другихъ въ этомъ же родѣ мы обязаны Меллони, котораго можно считать творцомъ этого отдѣла нашего предмета. Способность тѣлъ пропускать мгновенно лучистую теплоту онъ предлагаетъ назвать дiатермансiею. — Относительно теплоты слово это имѣетъ тоже значенiе, какъ прозрачность для свѣта. Чтобы показать вамъ проницаемости нѣкоторыхъ извѣстныхъ тѣлъ для лучей теплоты, я сдѣлаю выборъ изъ таблицъ знаменитаго итальянскаго ученаго, о которомъ мы сейчасъ говорили. Вы своихъ изслѣдованiяхъ Меллони употреблялъ четыре разныхъ источника теплоты: огонь Локателлевой лампы, спиральную платиновую проволоку, раскаленную до бѣла огнемъ спиртовой лампы, мѣдную пластинку, нагрѣтую до 400° С. и мѣдную пластинку нагрѣтую до 100° С; послѣднiй источникъ теплоты состоитъ изъ поверхности мѣднаго куба съ кипящей водой. Опыты происходили въ слѣдующемъ порядкѣ: — Сперва количество лучей, посылаемое источникомъ, опредѣлялось отклоненiями гальванометра; при этомъ въ пространствѣ между источникомъ теплоты и столбомъ не было ничего, кромѣ воздуха; потомъ ставили между столбомъ и источникомъ теплоты вещество, проницаемость котораго хотѣли изслѣдовать, и замѣчали послѣдовавшее за этимъ отклоненiе стрѣлки, Означая черезъ 100 количество теплоты, соотвѣтствующее отклоненiю, когда между столбикомъ и источникомъ не было ничего, то соотвѣтствующiя количества теплоты, пропущенныя двадцатью двумя различными веществами, представлены въ слѣдующей таблицѣ:

НАЗВАНІЯ ВЕЩЕСТВЪ, ИЗЪ КОТОРЫХЪ БЫЛИ ПРИГОТОВЛЕНЫ ПЛАСТИНКИ ВЪ $^1/_{10}$ ДЮЙМА ТОЛЩИНЫ.	КОЛИЧЕСТВО ПРОПУЩЕННЫХЪ ЛУЧЕЙ, ПОЛАГАЯ ЧИСЛО ПАДАЮЩИХЪ 100.			
	ЛОКАТЕЛЛЕВОЙ ЛАМПЫ.	РАСКАЛЕННОЙ ПЛАТИНЫ.	МѢДЬ ПРИ 400°.	МѢДЬ ПРИ 100°.
1. Каменная соль	92,3	92,3	92,3	92,3
2. Сицилійская сѣра	74	77	60	54
3. Плавиковый шпатъ	72	69	42	33
4. Берилъ	54	23	13	0
5. Исландскій шпатъ	39	28	6	0
6. Отекло	39	24	6	0
7. Горный хрусталь	38	28	6	3
8. Дымчатый кварцъ .	37	28	6	3
9. Хромово-кислый калій	34	28	15	0
10. Бѣлый топазъ	33	24	4	0
11. Углекислый свинецъ	32	23	4	0
12 Полевой шпатъ	23	19	6	0
13. Аматистъ (фіолетовый)	21	9	2	0
14. Искуственный янтарь	21	5	0	0
15. Турмалинъ (темно-зелен.)	18	16	3	0
16. Обыкновенная резина	16	3	0	0
17. Селенитъ .	14	5	0	0
18. Лимонная кислота .	11	2	0	0
19 Винно-каменно-кислый калій	11	3	0	0
20. Квасцы	9	2	0	0
21. Леденецъ .	8	1	0	0
22. Ледъ	6	0,5	0	0

Изъ этой таблицы мы видимъ во первыхъ то, что способность пропускать теплоту принадлежитъ разнороднымъ тѣламъ въ весьма различной степени. Мы видимъ, также что прозрачность этихъ тѣлъ зависитъ отъ *качества* теплоты, съ однимъ только исключеніемъ: каменная соль одинаково прозрачна къ теплотѣ всѣхъ четырехъ источниковъ. Здѣсь необходимо помнить, что лучи свѣта и лучи теплоты составляютъ одно и тоже; лучь, который, падая на глазной нервъ, производитъ впечатлѣніе свѣта, ударяя по другимъ нервамъ, производитъ впечатлѣніе теплоты. Но волны свѣтлыхъ теплородныхъ лучей короче волнъ темныхъ лучей; мы уже знаемъ, какъ разнообразно поглощаютъ тѣла волны различной длины, и потому приготовлены отчасти къ результатамъ предыдущей таблицы. Такъ стекло, означенной въ таблицѣ толщины, пропуская 39 на сто лучей Локателлевой лампы и 24 на сто лучей раскаленной до бѣла

платины пропускаетъ только 6 на сто изъ мѣди, нагрѣтой до 400° C, и совершенно непрозрачно для лучей идущихъ отъ источника, имѣющаго температуру 100° C. Мы видимъ также, что ледъ, который такъ прозраченъ къ солнечному свѣту, пропускаетъ только 6 на сто лучей изъ лампы и 0, 5 на сто—изъ раскаленной платины, останавливая совершенно лучи, выходящіе изъ другихъ двухъ источниковъ. Это показываетъ, что лучи Локателлевой лампы по большей части темные; свѣтлые лучи проходятъ черезъ ледъ означенной толщины безъ замѣтнаго поглощенія; поэтому уничтоженіе 94 сотыхъ лучей Локателлевой лампы, доказываетъ, что всѣ эти лучи должны быть темны. Что касается до вліянія прозрачности тѣла на пропусканія лучей, свѣтлый и дымчатый кварцъ могутъ пояснить намъ весьма многое въ этомъ отношеніи. Вотъ оба вещества, одно совершенно свѣтлое, другое темно-коричневое, между тѣмъ они различно передаютъ только свѣтлые лучи. Свѣтлый кварцъ передаетъ 38 сотыхъ лучей изъ лампы, а дымчатый — 37 сотыхъ; изъ остальныхъ трехъ темныхъ источниковъ оба вещества передаютъ одинаковое количество лучей.

Въ слѣдующей таблицѣ, которую я также заимствовалъ у Меллони, показано пропусканіе теплоты различными жидкостями. Источникомъ теплоты была Аргандова лампа съ стеклянной трубой, а жидкости находились въ стеклянныхъ чашечкахъ; толщина жидкаго слоя была въ 9,21 миллиметровъ.

Имена жидкостей.	Число пропущенныхъ лучей изъ ста упавшихъ.
Двусѣрнистый углеродъ	63
Двухлористая сѣра	63
Однохлористый фосфоръ	62
Скапидаръ	31
Оливковое масло	30
Нефть	28
Лавендовая эссенція	26
Сѣрный эфиръ	21
Сѣрная кислота	17
Аміакъ	15
Азотная кислота	15
Абсолютный спиртъ	15
Ѣдкій калій	13
Уксусная кислота . .	. 12

Пригорѣло-древесная кислота	12
Насыщенный растворъ сахара.	12
Растворъ каменной соли	12
Яичный бѣлокъ	11
Дистиллированная вода .	11

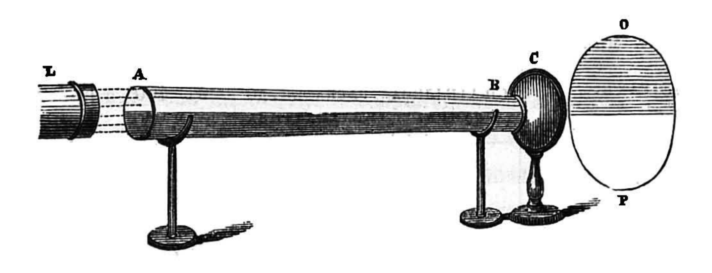
Изъ этой таблицы видно, что способность пропускать лучи теплоты также различна въ жидкостяхъ какъ въ твердыхъ тѣлахъ; при этомъ не мѣшаетъ замѣтить, что вода также непрозрачна въ жидкомъ видѣ какъ ледъ, не смотря на измѣненіе физическаго состоянія.

Отношеніе между испусканіемъ и поглощеніемъ лучей, на которое мы указали, говоря о металлахъ, лакахъ и т. д, можно примѣнить къ тѣламъ означеннымъ въ таблицахъ Меллони. Я ограничиваюсь двумя или тремя примѣрами, взятыми у Бальфуръ Стюарта. Вотъ мѣдный сосудъ съ кипящею водою: я кладу пластинки изъ стекла и каменной соли на гладкую мѣдную крышку сосуда. Когда онѣ пріймутъ температуру крышки, я беру пластинку каменной соли и ставлю ее на подпору противъ термоэлектрическаго столба. Вы слѣдите за отклоненіемъ, которое едва замѣтно. Я принимаю соль и ставлю на ея мѣсто нагрѣтую стеклянную пластинку; стрѣлка отклоняется гораздо больше, доказывая этимъ, что стекло поглощаетъ большее количество темной теплоты, и испускаетъ ее также въ большемъ количествѣ.

Квасцы не могутъ быть на столько нагрѣты, какъ стекло и соль въ этомъ опытѣ , потому что они плавятся уже при болѣе низкой температурѣ; но не смотря на низшую температуру, мы можемъ убѣдиться, что они превосходятъ стекло въ способности испускать лучи, и отклоненіе гальванометра еще сильнѣе чѣмъ въ послѣднемъ опытѣ.

Поглощеніе происходитъ въ самой массѣ тѣла. Для полнаго поглощенія необходимо, чтобы тѣло было извѣстной толщины. Это относится какъ къ свѣту, такъ и къ лучистой теплотѣ. Очень тонкій слой свѣтлаго пива почти также безцвѣтенъ, какъ слой воды, потому что поглощеніе слишкомъ незначительно и не можетъ сообщить пропущенному свѣту цвѣтъ, свойственный большему количеству пива. Я наливаю въ стаканъ дистиллированной воды ; въ этомъ количествѣ она не окрашиваетъ проходящихъ сквозь нее лучей; но я сдѣлаю опытъ, который покажетъ вамъ, что , при достаточной плотности , эта свѣтлая жидкость имѣетъ очень опредѣленный цвѣтъ. Вотъ труба въ 15 футовъ длиною *AB* (фиг. 87), поставленная горизонтально ; съ обѣихъ сторонъ

Фиг. 88.



вдѣланы въ нее стеклянныя пластинки. Съ одной стороны стоитъ электрическая лампа L, изъ которой падаетъ въ трубу пучекъ свѣта. Труба до половины наполнена водой, которая раздѣляетъ ее горизонтальною плоскостью на двѣ равныя части, такъ что половина свѣта пройдетъ черезъ воздухъ, другая половина—черезъ воду. Помощью двояко-выпуклаго стекла C я получу на экранѣ, на другой сторонѣ трубы, увеличенное изображеніе противулежащаго стеклу конца трубы. Вы видите изображеніе OP, состоящее изъ двухъ полукруговъ; одинъ изъ нихъ произошелъ отъ свѣта, прошедшаго черезъ воду, другой — отъ свѣта, прошедшаго черезъ воздухъ. Вы сравниваете оба полукруга и видите, что тотъ, который произведенъ свѣтомъ, прошедшимъ черезъ воздухъ, имѣетъ чистый бѣлый цвѣтъ; другой же, произведенный свѣтомъ, прошедшимъ чрезъ воду, нѣжнаго зелено-голубоватаго цвѣта. Увеличивая толщину слоя той среды, черезъ которую проходятъ лучи свѣта, мы сгущаемъ цвѣтъ. Это доказываетъ намъ, что уничтоженіе лучей происходитъ не только на поверхности поглощающаго тѣла, но *внутри* его.

Согласно съ Меллони, это заключеніе справедливо также относительно лучистой теплоты. Толщина пластинокъ при полученіи результатовъ, означенныхъ на нашей таблицѣ была въ 2,6 миллиметровъ, но уменьшивъ толщину ихъ, мы пропустимъ сквозь пластинки большее количество теплоты. При достаточной тонкости пластинки самое непрозрачное вещество получаетъ способность пропускать теплоту почти въ такомъ-же количествѣ, какъ и каменная соль.

Слѣдующая таблица покажетъ намъ вліяніе толщины на способность стеклянной пластинки пропускать лучи теплоты.

Толщина пластинокъ въ миллиметрахъ.	Число пропущенныхъ стекломъ разной толщины лучей теплоты, выраженное въ сотыхъ всего количества лучей.			
	Локателлева лампа.	Раскален. до бѣла платина.	Въ 400° мѣдь	Мѣдь въ 100°.
2,6	39	24	6	0
0,5	54	37	12	1
0,07	77	57	34	12

Мы видимъ, что уменьшивъ толщину пластинки отъ 2,6 до 0,07 миллиметровъ, количество пропускаемой теплоты возвышается отъ 39 до 77 сотыхъ для лучей испускаемыхъ локателлевою лампою, отъ 24 до 57 сотыхъ для раскаленной до бѣла платины; отъ 6 до 34 сотыхъ для мѣди въ 400° С. и отъ совершенной непрозрачности до передачи 12 изъ ста лучей теплоты, испускаемой мѣдью при 100° С.

Вліяніе толщины селенитовой пластинки на количество теплоты, пропускаемой ею, представлено въ слѣдующей таблицѣ

Толщина пластинокъ въ миллиметрахъ.	Число пропущенныхъ селенитомъ разной толщины лучей теплоты, выраженное въ сотыхъ всего количества лучей.			
	Локателлева лампа.	Раскален. до бѣла платина.	Мѣдь въ 400° С.	Мѣдь въ 100° С,
2,6	14	5	0	0
0,4	38	18	7	0
0,1	64	51	32	21

Разложивъ солнечный лучь, мы получимъ цвѣтное солнечное изображеніе, свѣтлое въ срединѣ, теплородное съ одного конца и химическое съ другаго. Слѣдовательно, солнце испускаетъ разнородные лучи, и едва-ли можно сомнѣваться въ томъ, что всѣ другіе источники теплоты, свѣтлые и темные, испускаютъ также разнородные лучи. Когда смѣшанные лучи входятъ въ діатерманное, т. е. способное пропускать теплоту вещество, то иные лучи поглощаются тѣломъ, другіе

проходятъ свободно, Если мы направимъ нѣсколько теплородныхъ лучей, которые уже прошли сквозь одну пластинку, въ другую пластинку изъ того-же вещества, то прозрачность второй пластинки для теплоты падающей на нее, сильнѣе прозрачности первой пластинки При достаточной толщинѣ первая пластинка поглотила большую часть лучей, которые могли быть поглощены ею; слѣдовательно оставшіеся лучи пройдутъ свободнѣе въ слѣдующей пластинкѣ того-же вещества. Лучи процѣживаются въ первой пластинкѣ; они выходятъ изъ нея въ очищенномъ видѣ и получаютъ большую способность проходить тоже вещество. Способностью проникаія испытываютъ качества теплоты. Теплота очищеннаго луча отличается отъ теплоты неочищеннаго луча.

Но различіе не въ томъ, что свойство луча измѣняется, но въ томъ, что отъ одного цѣлаго пучка лучей отняты нѣкоторыя составныя части его; это производитъ уменьшеніе лучей, которое измѣняетъ относительсительное количество теплоты, пропускаемой вторымъ веществомъ. Я думаю что это настоящее значеніе слова качество, въ примѣненіи къ лучистой теплотѣ. Возьмемъ пластинки изъ каменной соли, квасцовъ, двухромистаго калія и селенита, толщиною въ 2,6 миллиметра, и будемъ ставить ихъ попеременно на пути лучей испускаемыхъ лампою. Пусть теплота выходящая изъ этихъ пластинокъ падаетъ на другія такія-же пластинки. Изъ каждыхъ 100 лучей этой теплоты, пластинки втораго ряда передадутъ слѣдующее количество:

Каменная соль	92,3
Квасцы	90
Хромистый калій	71
Селенитъ	91

Изъ таблицы, стр. 234, мы видимъ, что хромистый калій пропускаетъ только 34 сотыхъ всего количества лучей Локателлевой лампы; въ нашемъ-же опытѣ онъ пропускаетъ 71 на сто. Селенитъ пропускаетъ только 14 на сто всѣхъ лучей, но если лучь очищенъ другой селенитовой пластинкой, то онъ передаетъ 91 на сто. Это относится тоже къ квасцамъ, которые пропускаютъ только 9 сотыхъ неочищеннаго луча и 90 очищеннаго. Но каменная соль пропускаетъ одинаково очищенный и неочищенный лучъ, потому что она равно прозрачна для всякаго рода лучей (*). Здѣсь я говорю о лучахъ, проходящихъ изъ

(*) Это выводъ Меллони Но опыты Гг. Провостэ и Дезэна (Provostaye et Desains) и Бальфуръ Стюарта показываютъ, что это заключеніе несовсѣмъ справедливо.

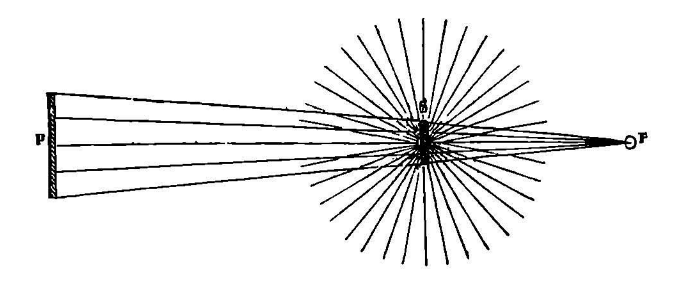
каменной соли въ каменную соль, изъ квасцовъ въ квасцы и т. д., но поглощеніе лучей въ какомъ бы то ни было веществѣ измѣняетъ относительное количество лучей, пропускаемыхъ другимъ веществомъ, отличнымъ отъ того, черезъ которое лучи уже прошли.

Я заключу эти замѣчанія опытомъ, который разительно покажетъ намъ вліяніе поглощенія на качество теплоты. Вотъ очень чувствительный воздушный термометръ съ чистымъ стекляннымъ шаромъ. Вы видите что малѣйшее прикосновеніе руки увеличиваетъ термоэлектрическій столбъ. Я соберу, помощью выпуклаго стекла, лучи электрической лампы на шарикѣ термометра. Не смотря на то, что черезъ воздухъ, заключающійся въ этомъ шарѣ, проходитъ концентрированный лучь,—мы не замѣчаемъ ни малѣйшаго измѣненія термоэлектрическаго столба. Когда я въ первый разъ показалъ этотъ опытъ одному здѣсь присутствующему лицу, это лицо не повѣрило своимъ глазамъ; но это объясняется очень просто. Не доходя до шара, лучи уже какъ бы процѣжены стекломъ, которое собираетъ ихъ. Кромѣ того они проходятъ 12 или 14 футовъ воздуха, при чемъ лишаются почти всѣхъ тѣхъ составныхъ частей, которыя могли бы быть поглощены воздухомъ въ шарѣ. Поэтому теплые лучи проходятъ стекло и воздухъ не нагрѣвая ихъ. Но эти же самые лучи могутъ нагрѣть термоэлектрическій столбъ, стрѣлка котораго сильно отклоняется, когда лучи падаютъ на него въ теченіе одной секунды. Если покрыть голландской сажей эту часть стекляннаго шара, на которую падаетъ лучь, мы увидимъ, что теплота поглощается, воздухъ расширяется и термометрическій столбъ сильно поднимется.

Мы иногда употребляемъ стеклянные экраны, которые пропускаютъ свѣтъ и останавливаютъ теплоту. Причина этого та, что большая часть теплоты, испускаемой огнемъ, состоитъ изъ темныхъ лучей, для которыхъ стекло не прозрачно. Но ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть потери лучей. Поглощенные стекломъ, они нагрѣваютъ его, и движеніе эфирныхъ волнъ сообщается частицамъ твердаго тѣла. Но вы можетъ быть скажете, что при такихъ условіяхъ стекло экрана должно обратиться въ источникъ теплоты, и что поэтому поглощеніе лучей не принесетъ намъ пользы.

Фактъ справедливъ, но не справедливо заключеніе. Вотъ что происходитъ при употребленіи стекляннаго экрана: — пусть F (фиг. 88), будетъ огонь, лучи котораго идутъ по прямымъ линіямъ къ особѣ, находящейся въ P Безъ экрана каждый лучь идетъ прямо къ P, но мы по-

Фиг. 88.



ставимъ экранъ S, который задерживаетъ теплородные лучи и нагрѣвается; но вмѣсто того, чтобы посылать лучи только по прежнему направленію, онъ посылаетъ ихъ по всѣмъ направленіямъ, какъ всякое нагрѣтое тѣло. Слѣдовательно онъ не можетъ посылатьосхобѣ въ P всю теплоту, которую принимаетъ; часть теплоты идетъ къ P, но несравненно большая часть ея расходится въ разныя стороны.

Лучи, проходя въ веществѣ, безъ поглощенія, не сообщаютъ движенія теплоты атомамъ его, какъ показалъ намъ опытъ съ воздушнымъ термометромъ. Кусокъ мяса можетъ изжариться передъ огнемъ, между тѣмъ какъ окружающій воздухъ холоденъ какъ ледъ. Воздухъ на высокихъ горахъ бываетъ необыкновенно холоденъ, не смотря на палящее солнце. Лучи его, почти невыносимые для кожи человѣка, лишены способности нагрѣвать воздухъ въ чувствительной степени, и отойдя въ тѣнь, мы тотчасъ же чувствуемъ холодъ атмосферы. Я никогда не страдалъ такъ сильно отъ солнечнаго жара, какъ спускаясь съ Монблана въ 1857 году; солнце невыносимо жгло меня, и въ то-же время я до половины погружался въ снѣгъ. Но въ тѣни Dôme du Gouté мои ощущенія вдругъ измѣнились; здѣсь температура воздуха была на точкѣ замерзанія. Между тѣмъ этотъ воздухъ не былъ замѣтно холоднѣе того, въ которомъ проходили солнечные лучи. Я страдалъ не отъ горячаго воздуха, но отъ лучей теплоты, которые падали на меня, проходя сквозь вещество холодное какъ ледъ.

Солнечные лучи проходятъ стекло, почти не нагрѣвая его; причина этого та, что они, проходя черезъ атмосферу, лишились большинства тѣхъ лучей (*), которые могутъ поглощаться стекломъ.

(*) Я a priori заключилъ, что темные солнечные лучи, успѣвшіе пройти черезъ атмосферу, могутъ проникать глазную влагу и достигать сѣтча-

*

Въ одной изъ прежнихъ лекцій я дѣлалъ опытъ, который вы теперь вполнѣ поймете. Лучь электрической лампы падалъ на ледяную массу, которая отъ этого не растаяла. Лучь былъ предварительно пропущенъ черезъ воду, которая останавливала лучи, поглощаемые льдомъ, въ такомъ множествѣ, что дошла въ теченіи опыта, почти до точки кипѣнія. Здѣсь необходимо замѣтить, что вода пропускаетъ и поглощаетъ такіе же лучи какъ ледъ; однимъ изъ этихъ тѣлъ, можно очистить лучь для другаго. Это доказываетъ, что различіе физическаго состоянія тѣлъ не имѣетъ вліянія на качество поглощаемыхъ лучей. Можно легко доказать, что лучь не расплавляющій льда, нагрѣваетъ электрическій столбъ. Возьмемъ лучъ, который прошелъ слой воды, и направимъ его на столбъ, вы видите тотчасъ-же быстрое отклоненіе стрѣлки гальванометра на 90°. Вотъ другой лучь, который прошелъ сквозь ледъ; онъ также дѣйствуетъ на столбъ; наконецъ я беру лучъ, который прошелъ воду и ледъ, и онъ все таки имѣетъ способность нагрѣванія (*).

Когда лучи теплоты задерживаются, то они возвышаютъ температуру поглотившаго ихъ тѣла. Но если поглощающее тѣло будетъ ледъ при температурѣ 32° *F*, то температуру его невозможно возвысить. Какое-же дѣйствіе производитъ теплота, поглощаемая льдомъ? — Она производитъ внутреннее расплавленіе, уничтожаетъ кристаллы (**), и образуетъ тѣ изящные жидкіе цвѣты, о которыхъ я говорилъ въ одной изъ прежнихъ лекцій. Мы уже видѣли, что прозрачность тѣла къ свѣту вовсе не доказываетъ способности пропускать теплоту, и что тѣло, пропускающее какъ нельзя лучше свѣтлые лучи, можетъ вовсе не пропускать темныхъ. Я представилъ вамъ также противоположный примѣръ, и показалъ, что тѣло можетъ быть совершенно непрозрачно для свѣта и очень прозрачно для теплоты. Я привожу въ дѣйствіе электрическую лампу, и вы видите какъ сходящійся пучекъ лучей проходитъ сквозь комнатную пыль: вы видите точку, въ которой сходятся всѣ лучи на разстояніи 15 футовъ отъ лампы. Я замѣчаю эту точку. Вотъ пластинка каменной соли, покрытая такимъ толстыми слоемъ сажи, что

той оболочки; это доказываютъ новѣйшіе опыты Франца. Лучи не производятъ впечатлѣнія свѣта по своей существенной неспособности возбуждать сѣтчатую оболочку глаза, но не отъ поглощенія глазной влагой.

(*) Г. Фарадей зажегъ порохъ, употребивши вмѣсто зажигательнаго стекла кусокъ льда, имѣющій форму чечевицы.

(**) О вліяніи этихъ результатовъ на воздушные и ледяные пузыри во льду смотрите въ прибавленіи къ лекціи IX.

въ немъ останавливаются не только лучи всѣхъ газовыхъ лампъ, находящихся въ этой комнатѣ, но даже электрическій свѣтъ. Я ставлю соляную пластинку, покрытую сажей, на пути луча, и весь свѣтъ задерживается.

Я ставлю въ фокусѣ, то есть въ томъ мѣстѣ, гдѣ собираются всѣ лучи, электрическій столбъ: вы не видите луча, падающаго на столбъ, но сильное движеніе стрѣлки показываетъ, что въ этой точкѣ, лишенной свѣта, находится фокусъ теплоты. Вы можетъ быть думаете, что теплота, падающая на столбъ, поглощена предварительно сажей и выходитъ изъ нея какъ изъ отдѣльнаго источника. Меллони уничтожилъ всѣ такого рода возраженія. Ни одинъ его опытъ не опровергаетъ ихъ такъ рѣшительно, какъ тотъ, который только что произведенъ передъ вами. Если бы закопченная соль была источникомъ теплоты, лучи не могли бы соединиться въ фокусѣ на прежнемъ мѣстѣ, потому что соль находится между стекломъ и столбикомъ. Если же я сдвину столбъ немного въ бокъ, обративъ его все таки къ закопченой соли, стрѣлка падаетъ на нуль. Меллони сверхъ того показываетъ, что теплота, дѣйствующая на столбъ, не зависитъ отъ мѣста занимаемаго соляной пластинкой; вы можете пресѣчь лучь на разстояніи 15 футовъ, или одного фута,— результатъ будетъ одинъ и тотъ же, что не могло бы быть, если бы пластинка была источникомъ теплоты. Я повторю этотъ опытъ съ чернымъ стекломъ и получу тотъ-же результатъ. Стекло отражаетъ значительную часть свѣта и теплоты отъ лампы; если я буду его держать немного наискось, то вы увидите отраженную часть лучей. Пока стекло въ этомъ положеніи, я покрою его голландской сажей, для того что бы оно поглотило кромѣ поглощенныхъ лучей ту часть ихъ, которую отражаетъ. Что-же послѣдуетъ? Стеклянная пластинка, сдѣлавшись мѣстомъ усиленнаго поглощенія, перестаетъ дѣйствовать на столбъ; стрѣлка возвращается къ нулю и еще разъ доказываетъ намъ, что теплородные лучи, дѣйствовавшіе на столбъ, шли прямо отъ лампы и проходили черезъ черное стекло также свободно, какъ проходитъ свѣтъ въ прозрачныхъ тѣлахъ.

Каменная соль пропускаетъ одинаково всѣ лучи, свѣтлые и темные; квасцы при означенной толщинѣ пропускаютъ только свѣтлые лучи: слѣдовательно, различіе между квасцами и солью покажетъ намъ количество темныхъ лучей. Испытавъ эти вещества съ тремя означенными источниками теплоты, Меллони находитъ слѣдующее количество свѣтлыхъ и темныхъ лучей:

Источники.	Свѣтлые лучи.	Темные лучи.
Горящее масло	10	90
Раскаленная платина	2	98
Огонь алкоголя	1	99

Итакъ, теплота горящаго масла имѣетъ 90 сотыхъ темныхъ лучей, теплота раскаленной платины 98 темныхъ лучей на сто, а теплота горящаго алкоголя состоитъ изъ 99 на сто темныхъ лучей.

ПРИБАВЛЕНІЕ КЪ ЛЕКЦІИ IX.

Извлеченіе изъ записки о нѣкоторыхъ физическихъ свойствахъ льда (*).

Я воспользовался прекрасной солнечной погодой для того, чтобы наблюдать дѣйствіе солнечной теплоты на ледъ. Для опытовъ употреблялся ледъ изъ Венгамскаго озера (Wenham lake) и изъ Норвегіи. Ледяныя плиты толщиною отъ одного до нѣсколькихъ дюймовъ ставились противъ солнечныхъ лучей собираемыхъ двояко-выпуклымъ стекломъ, имѣвшимъ 4 дюйма въ діаметрѣ и фокусное разстояніе въ $10^1/_2$ дюймовъ. Плиты располагались обыкновенно такъ, что фокусъ паралельныхъ лучей находился въ серединѣ льда. Найдя сперва положеніе фокуса, стекло завѣшивали; потомъ клали ледъ на надлежащемъ мѣстѣ, и открывали завѣшенное стекло; тогда дѣйствіе наблюдалось помощію обыкновенной лупы Сперва наблюдали ледяную плиту, въ которой противулежащія поверхности были паралельны. Когда было открыто стекло и солнечные лучи проникли въ массу льда, то на пути ихъ немедленно показывалось множество сіяющихъ точекъ, образующихся мгновенно и похожихъ на свѣтящіеся воздушные пузыри. Когда лучь проникалъ на значителную глубину въ ледъ, путь его былъ обозначенъ этими блестящими точками, подобно тому, какъ въ темной комнатѣ онъ обозначается летающими пылинками.

Въ озерномъ льду пласты замерзанія легко различаются по слоистому расположенію воздушныхъ пузырей. Изъ совершенно прозрачнаго льда вырѣзали кубъ, и направляли въ него солнечный лучь по тремъ различ-

---

(*) Phil. Trans. Декабрь 1857.

нымъ, взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ. Одно направленіе луча было перпендикулярное къ плоскостямъ замерзанія, другія два паралельны ей. Блестящіе пузырьки образовались во льду по всѣмъ тремъ направленіямъ.

Разсматривая въ микроскопъ поверхности льда, перпендикулярныя къ пластамъ замерзанія, послѣ того какъ ледъ былъ подвергнутъ вліянію свѣта, нашли что они испещрены безчисленными мелкими трещинами, которыя изрѣдка сопровождались крошечными вѣтвями, придававшими нѣкоторымъ изъ этихъ разсѣлинъ видъ пера. Когда часть льда, въ которой проходилъ лучь, наблюдалась паралельно съ поверхностью замерзанія, видъ его былъ прекрасенъ. Если свѣтъ падалъ на ледъ изъ окна по надлежащей линіи, внутренность массы наполнялась маленькими цвѣтообразными фигурками. Каждой цвѣтокъ имѣлъ шесть лепестковъ и свѣтлую точку въ серединѣ, сіяніе которой превосходило металлическій блескъ. Лепестки очевидно состояли изъ воды, вслѣдствіе чего были тусклы; потому что ихъ ясность зависѣла отъ небольшаго различія въ показателѣ преломленія льда при 32° F. и въ показателѣ преломленія воды при тойже температурѣ.

Я давно уже нашелъ, что относительное положеніе поверхностей, въ которыхъ находятся водяные цвѣты, и плоскостей замерзанія совершенно опредѣленны. Онѣ всегда были параллельны между собою. Образованіе цвѣтовъ не зависѣло отъ направленія, по которому лучь проходилъ черезъ ледъ. Поэтому направивъ солнечный лучь въ кусокъ прозрачнаго льда неправильной формы, я тотчасъ-же могъ опредѣлить положеніе плоскостей замерзанія.

Направивъ лучь въ край ледяной плиты, подвигая ее въ прямоугльномъ направденіи къ лучу, такъ чтобы теплота его проходила постепенно вь различныя части льда, и прослѣдивъ путь луча въ увеличительное стекло, мы увидимъ что ледъ, за минуту предъ тѣмъ казавшійся сплошной массой, мгновенно покроется блестящими крапинками и вокругъ каждой каждой крапинки можно ясно наблюдать образованіе и увеличеніе окружающаго ее цвѣтка. Наибольшее дѣйствіе простиралось всего на одинъ дюймъ отъ того мѣста, черезъ которое лучь входилъ въ ледъ. На этомъ пространствѣ происходило, большею частію, поглощеніе теплоты, превращавшее ледъ въ жидкіе цвѣты; но я наблюдалъ образованіе цвѣтовъ и въ большихъ кускахъ льда, на глубинѣ нѣсколькихъ дюймовъ. Въ нѣкоторомъ отдаленіи отъ мѣста вхожденія луча, разстояніе между цвѣтами дѣлается больше: нерѣдко цвѣты бываютъ расположены на разстояніи

четверти дюйма одинъ отъ другаго; между тѣмъ какъ ледъ, въ этихъ промежуткахъ, не представляетъ никакихъ измѣненій.

Куски льда, употребленные для опытовъ, казались однородными и были совершенно прозрачны. Отчего-же вещество, составляющее ихъ, таяло въ извѣстнахъ точкахъ? Были-ли эти точки слабѣе по своему кристаллическому построенію, — или-же таяніе ихъ зависѣло отъ того, какъ падали теплородныя волны на частички тѣла въ этихъ точкахъ? Каковъ бы ни былъ отвѣтъ на этотъ и другіе вопросы, такого рода опыты имѣютъ большое значеніе въ вопросѣ о поглощеніи теплоты. Дѣйствіе луча на ледъ, образующее цвѣты, перерывочно и непостоянно; и нѣтъ никакихъ основаній предполагать, что въ другихъ твердыхъ тѣлахъ оно происходитъ иначе, хотя строеніе ихъ таково, что это не можетъ быть обнаружено (*).

Я назвалъ блестящія серединки цвѣтовъ пузырьками, потому только, что они похожи на воздушные пузыри, попадающіеся во льду; но только однимъ опытомъ можно было рѣшить, содержался ли въ нихъ воздухъ или нѣтъ. Для этого приготовили куски льда, въ которые лучи направлялись такъ, чтобы цвѣты могли образоваться въ большемъ количествѣ и значительной величины. Потомъ эти куски погрузили въ горячую воду, находящуюся въ стеклянномъ сосудѣ и тщательно наблюдали въ луппу, что происходило когда таяніе льда доходило до блестящихъ точекъ. Въ минуту когда между ними и атмосферою не находилось ничего кромѣ жидкости, пузырьки вдругъ исчезали и на поверхности теплой воды не видно было слѣда воздуха.

Такого результата по всему можно было ожидать. Объемъ воды при 32° не такъ великъ, какъ объемъ льда при этой же температурѣ; поэтому образованіе каждаго цвѣтка должно соединяться съ образованіемъ пустоты, которая исчезаетъ, какъ описано здѣсь, когда окружающій ее ледъ растаетъ. Такіе-же опыты повторялись со льдомъ, въ которомъ были настоящіе воздушные пузыри. Когда ледъ освобождалъ воздухъ, пузыри медленно подымались въ водѣ и плавали нѣсколько времени на ея поверхности.

Для того чтобы цвѣты могли образоваться во льду, достаточно было повергнуть его дѣйствію солнечныхъ лучей на одну секунду и даже менѣе. Появленіе сіяющей серединки часто сопровождалось легкимъ трес-

(*) Г. Кноблаухъ находитъ, что въ плитахъ изъ каменной соли, при достаточной толщинѣ происходитъ всегда избирательное поглощеніе, не смотря на отличную теплопрозрачность вещества. Можетъ быть это есть слѣдствіе вышеописанныхъ дѣйствій.

комъ, какъ будто бы ледъ вдругъ раскалывался. Сперва края лепестковъ были отчетливо изогнуты; если-же дѣйствіе продолжалось, или если солнце сильно грѣло, на краяхъ лепестковъ являлись зубчики и увеличивали красоту цвѣтка. Иногда нѣсколько отдѣльныхъ цвѣтковъ соединялись и лепестки ихъ составляли густой пучекъ, похожій на розу. Иногда между цвѣтами попадались жидкіе шестиугольники, но это случалось очень рѣдко.

Уничтоженіе кристалловъ солнечнымъ лучемъ, если можно такъ выразиться, опредѣляется тѣмъ, какъ соединились частицы при кристаллизаціи. Отсутствіе теплоты даетъ частицамъ способность группироваться; присутствіе ея разрушаетъ построеніе частицъ. Неизмѣнный симметрическій порядокъ цвѣтовъ указываетъ на такой порядокъ въ построеніи частицъ, а такъ какъ оптическія явленія зависятъ отъ распредѣленія частицъ, то мы можемъ вывести изъ предыдущихъ опытовъ слѣдующее, несомнѣнно вѣрное заключеніе: что ледъ, какъ уже давно доказано сэромъ Давидомъ Брюстеромъ, имѣетъ, по законамъ оптики, одну ось, перпендикулярную къ поверхности замерзанія.

II.

Осматривая совершенно прозрачный кусокъ норвежскаго льда, черезъ который проходили лучи, собранные стекломъ, я нашелъ внутри массы множество параллельныхъ жидкихъ круговъ отъ десятой до сотой дюйма въ діаметрѣ. Диски были такъ тонки, что смотря на нихъ со стороны, они имѣли видъ тончайшихъ линій. Они были очень похожи на масляные круги, плавающіе въ жирномъ бульонѣ и въ ледяныхъ кускахъ, подверженныхъ опытамъ, находились всегда въ одномъ направленіи съ поверхностью замерзанія. Съ теченіемъ времени внутреннее таяніе льда обозначалось сильнѣе, такъ что въ половинѣ ноября нѣсколько кусковъ норвежскаго льда, превратились въ массу водяныхъ капель заключенныхъ въ ледяной скелетъ. Распиливъ кусокъ такого льда, можно было имѣть осязательное проявленіе этого дѣйствія въ легкости, съ которою пила входила въ ледъ.

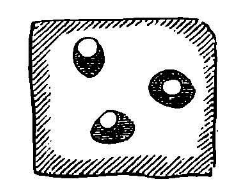
Повидимому въ природѣ нѣтъ безусловной однородности. Вмѣсто однообразнаго и постепеннаго измѣненія во всей массѣ, измѣненія эти происходятъ около отдѣльныхъ центровъ, и подобныя измѣненія мы могли бы открыть въ самыхъ повидимому однородныхъ веществахъ при болѣе усовершенствованныхъ средствахъ наблюденія.

Въ описанныхъ нами опытахъ нѣкоторыя части ледяной массы таяли скорѣе другихъ: температура вещества при таяніи имѣетъ 32° *F*, но она слегка уклоняется то въ ту, то въ другую сторону. Причина этого уклоненія—недостатокъ совершенной однородности ледяной массы, происходящій отъ различнаго распредѣленія кристалловъ, или отъ какой нибудь другой причины. Пусть *t* будетъ означать предѣлы отступленій отъ этой температуры, гдѣ *t* выражено въ частяхъ градуса. Нѣкоторыя части ледяной массы растаятъ при температурѣ $32°—t$, между тѣмъ какъ другія потребуютъ температуру $32°+t$: слѣдствіемъ этого будетъ то, что при 32°, нѣкоторыя части ледяной массы будутъ жидки, другія же останутся твердыми.

Когда льдины съ водяными кружками разсматривались при усиленномъ лучѣ, то шестилепестковые цвѣтки всегда появлялись въ одномъ направленіи съ дисками.

III.

Все сказанное здѣсь, приготовило насъ къ разсмотрѣнію цѣлаго ряда связанныхъ между собой явленій, чрезвычайно интересныхъ въ физическомъ отношеніи. Въ большихъ массахъ льда, разсмотрѣнныхъ мною находились слои, въ которыхъ воздушные пузыри накоплялись въ необычайномъ множествѣ; безъ сомнѣнія эти слои представляли границы нѣсколькихъ послѣдовательныхъ замерзаній. Пузыри большей частью были продолговатые. Между двумя пузырчатыми слоями находилась свѣтлая леденая полоса; верхній же слой былъ прозраченъ во всѣхъ ледяныхъ кускахъ и повидимому, подвергался внѣшнимъ вліяніямъ болѣе остальныхъ частей льда. Въ этой верхней части, я замѣтилъ отдѣльные воздушные пузыри, неправильно расположенные; и съ каждымъ воздушнымъ пузыремъ соединялся водяной шарикъ, который виднѣлся во льду какъ капля свѣтлаго масла. Слѣдующій рисунокъ даетъ понятіе объ этихъ впадинахъ: свѣтлый кругъ изображаетъ воздушный пузырь; оттѣненное пространство — воду.



Если количество воды было достаточно, какъ случалось по большей части, то перевернувъ льдину можно было видѣть, какъ воздушный пузырь перемѣнялъ положеніе и всегда всплывалъ на водяномъ шарикѣ. Но иногда, если впадина была слишкомъ плоска, вода окружала воз-

душный пузырь со всѣхъ сторонъ. Подобныя сложныя келейки попадались часто въ прозрачномъ льдѣ, который не показывалъ другихъ признаковъ внутренняго плавленія.

По всей вѣроятности это то самое явленіе, которое такъ сильно поразило Агассиса во время его изслѣдованій въ Аарскихъ ледникахъ. Тѣже признаки описаны Шлагинтвейтомъ и наконецъ въ послѣднее время въ мемуарѣ Гексли (Huxley) (*).

Единственное до сихъ поръ существующее объясненіе этого явленія принятое всѣми и повидимому безъ колебаній, принадлежитъ Агассису и Шлагинтвейтамъ. Эти наблюдатели приписываютъ это явленіи теплопрозрачности льда, пропускающаго въ себя лучистую теплоту, нагрѣгрѣвающую воздушные пузыри, вслѣдствіе чего таетъ окружающій ледъ (**).

Кажущаяся простота этого объясненія способствовала общему принятію его; но я думаю, что небольшое разсужденіе покажетъ, что эта гипотеза, при всей видимой простотѣ, сопряжена съ большими трудностями

Для ясности я обращаюсь къ весьма интересному факту, открытому сперва Агассисомъ, потомъ Шлагинтвейтами.

Въ Systéme Glaciaire этотъ фактъ описанъ въ слѣдующихъ словахъ: «Я долженъ упомянуть объ одномъ особенномъ свойствѣ воздушныхъ пузырей сильно насъ поражавшемъ, но которое уже получило весьма удовлетворительное объясненіе. Когда кусокъ льда съ воздушными пузырями подверженъ дѣйствію солнца, пузыри незамѣтнымъ образомъ прибавляются. Вскорѣ, по мѣрѣ того какъ пузырь увеличивается, въ какой нибудь точкѣ его появляется прозрачная капля. Капля эта, увеличиваясь, содѣйствуетъ съ своей стороны увеличенію впадины, и при своемъ увеличеніи доходитъ до того, что беретъ перевѣсъ надъ воздушнымъ пузырькомъ. Тогда послѣдній плаваетъ въ водѣ и стремится постоянно къ высшей точки, если только плоскость впадины тому не препятствуетъ».

(*) Philosophical Magazine. Октябрь 1857.

(**) Il est évident pour quiconque a suivi le progrès de la physique moderne, que ce phénomène est dû uniquement à la diathermanéité de la glacc (Agassiz, Systéme, p. 157).

Das Wasser ist dadurch enstanden, das die Luft Wärmestrahlen absorbirte, welche das Eis als diathermaner Körper durchliess. (Schlagintweit. Untersuchungen, S. 17).

Удовлетворительное объясненіе, о которомъ здѣсь упоминается, то самое о которомъ уже сказано выше. Постараемся теперь разсмотрѣть всѣ послѣдствія высказанной гипотезы. Сравнимъ одинъ и тотъ же вѣсъ обоихъ веществъ: если удѣльная теплота воды будетъ 1, то удѣльная теплота воздуха будетъ 0,25. Слѣдовательно, что бы повысить на 1° температуру извѣстнаго вѣса воды, температура того же вѣса воздуха должна понизиться на четыре градуса. Теперь сравнимъ одинъ и тотъ же объемъ этихъ веществъ. Выражая удѣльный вѣсъ воды через ь удѣльный вѣсъ воздуха, получимъ $^1/_{770}$; слѣдовательно фунтъ воздуха, по объему, равняется 770 фунтамъ воды; и такъ извѣстный объемъ воздуха для того, чтобы повысить на одинъ градусъ температуры такого же объема воды долженъ потерять 770×4 или 3,080 градусовъ. Но скрытая теплота воды равняется 142°, 6 *F*.

И такъ количество теплоты нужное для того, чтобы извѣстный вѣсъ льда растаялъ, въ 142,6 разъ больше количества теплоты, необходимаго для того, что бы повысить на одинъ градусъ температуру такого же вѣса воды. Слѣдовательно извѣстный объемъ воздуха, для того что бы привести въ жидкое состояніе такой же объемъ льда, долженъ лишиться 3,080 × 142,6, или 439,208 градусовъ температуры. Это даетъ намъ понятіе о количествѣ теплоты, которое сообразно съ гипотезой должно быть поглощено воздушнымъ пузырькомъ, и которое передается льду во время, нужное пузырьку для того, чтобы привести въ жидкое состояніе равное съ нимъ количество льда, между тѣмъ какъ время это коротко. Говоря опредѣленнѣе, количество теплоты, поглощенное, въ смыслѣ гипотезы, воздухомъ, могло бы сдѣлать температуру пузырька въ 160 разъ болѣе температуры расплавленнаго желѣза, если бы теплота не была сообщаема льду. Если бы воздухъ былъ одаренъ такой силой поглощенія, это имѣло бы неудобныя послѣдствія для обитателей земнаго шара; мы находились бы на днѣ атмосфернаго океана, котораго верхняя часть поглощала бы всѣ теплородные лучи, испускаемые солнцемъ.

Опыты Делароша и Меллони (*) опредѣлили, что теплородный лучь выходя изъ среды, черезъ которую онъ проходилъ на нѣкоторомъ пространствѣ, имѣетъ въ высшей степени способность проходить далѣе черезъ то же вещество. Сильнѣйшая степень поглощенія бываетъ въ

(*) La Thermochrose p. 202.

той части вещества, которую лучь прошелъ прежде. Въ стеклянной пластинкѣ, напримѣръ, $17\frac{1}{2}$ процентовъ теплоты, испускаемой лампою, поглощены первою пятою миллиметра стекла. Когда-же лучи прошли 6 миллиметровъ въ стекло, слѣдующее пространство въ два миллиметра поглощаетъ менѣе 2 процентовъ проходящихъ черезъ него лучей. Если предположить,что лучи прошли стекло толщиною въ 25 миллиметровъ, или въ дюймъ, то нѣтъ сомнѣнія, что теплота, вышедшая изъ этого слоя стекла, можетъ пройти другой слой стекла, толщиною въ одинъ миллиметръ, не претерпѣвъ замѣтнаго поглощенія. Тѣмъ болѣе количество солнечной теплоты, поглощенное воздушнымъ пузырькомъ на земной поверхности, должно быть не уловимо, потому что солнечные лучи проходятъ все пространство нашей атмосферы и на пути своемъ оставляютъ теплоту, которая можетъ быть поглощена воздухомъ. Таковы, если не ошибаюсь, свойства лучистой теплоты, открытыя новѣйшими физиками; я думаю, что они ясно показываютъ, что гипотеза Агассиса и Шлагинтвейтовъ предложена, не принимая во вниманіе ея послѣдствій.

IV.

Вопросъ о томъ какъ образуются водяныя келейки во льду остается нерѣшеннымъ. Полагаю, что одинъ простой опытъ рѣшитъ, произошла - ли эта вода отъ таянія льда, или нѣтъ. Если отвѣтъ утвердительный, то объемъ воды долженъ быть менѣе объема льда, изъ котораго она образовалась; пузырь-же прилежащій къ водѣ, долженъ состоять изъ разрѣженнаго воздуха. Поэтому если, обративъ въ жидкое состояніе пространство между пузырькомъ и атмосферою, мы замѣтимъ уменьшеніе объема пузырька, то это будетъ доказательствомъ, что вода произошла отъ растаявшаго льда.

Я вырѣзалъ призму изъ Норвежскаго льда, въ которомъ были такіе сложные пузыри изъ воздуха и воды, и погрузивъ ее въ воду, находящуюся въ стеклянномъ сосудѣ, тщательно наблюдалъ въ стѣнкахъ сосуда за измѣненіями пузырьковъ при таяніи льда. Въ минуту, когда окружавшій ихъ ледъ растаялъ, они всегда уменьшались въ объемѣ и всплывали на поверхность воды. Я устроилъ такъ, что стѣнки впадины могли таять только снизу, чтобы воздушный пузырь не могъ подыматься къ верху. Когда таяніе льда доходило до впадины, воздушный пузырь сжимался такъ, что въ иныхъ случаяхъ занималъ менѣе, чѣмъ сотую часть прежняго объема.

Эти опоты повторялись надъ различными льдинами и всегда имѣли тѣ-же слѣдствія. И такъ я думаю что происхожденіе водяныхъ келеекъ изъ растаявшаго льда можно считать достовѣрнымъ (*).

Взявъ во вниманіе способъ, которымъ привозимый изъ другихъ странъ ледъ, защищенъ отъ солнечныхъ лучей, мы можемъ заключить, что въ ледяныхъ кускахъ, испытаныхъ мною, ледъ, окружающій воздушный пузырекъ, таялъ отъ дѣйствія теплоты, проведенной черезъ масу вещества. Это можетъ показаться парадоксомъ, но я думаю, что неразумно было бы ожидать болѣе отъ выводовъ a priori. — Въ новѣйшее время принято, что теплота тѣла, зависитъ отъ движенія его частицъ. Когда движеніе частицъ усиливается до той степени, которая нужна для освобожденія частицъ твердаго тѣла отъ взаимнаго притяженія, тѣло переходитъ въ жидкое состояніе. По отношенію къ силѣ движенія, которая нужна для того, чтобы привести въ жидкое состояніе частицы льда, верхнія частицы ледяной массы находятся въ совершенно другихъ условіяхъ, чѣмъ среднія частицы ея, на которыя со всѣхъ сторонъ дѣйствуютъ взаимныя притяженія частицъ. Но если въ срединѣ массы будетъ впадина, частицы окружающія эту впадину, будутъ находиться въ сходныхъ съ частицами верхняго слоя условіяхъ; освобожденные съ одной стороны отъ сопротивленія, онѣ могутъ освобождаться отъ взаимнаго притяженія, съ помощію теплоты, переданной имъ окружающею массою льда, твердость которой отъ этого останется неповрежденною. Предположимъ, что твердость тѣла обусловлена движеніемъ частицъ по амплитудѣ извѣстной величины; движеніе частицъ окружающихъ впадину превзойдетъ предѣлы амплитуды, между тѣмъ какъ движенія частицъ верхняго слоя льда, вслѣдствіе взаимнаго притяженія, не будутъ больше предѣльной амплитуды, подобно тому, какъ рядъ упругихъ шаровъ передаетъ свое движеніе послѣднему шару, между тѣмъ какъ остальные шары остаются повидимому неподвижны. Но мы не должны вѣрить умозрѣніямъ, тамъ гдѣ возможенъ опытъ. Я особенно старался найти достовѣрное рѣшеніе того, можетъ-ли внутренняя часть льда растаять отъ дѣйствія теплоты, проникшей въ середину черезъ массу его. Я взялъ кусокъ норвежскаго льда со множествомъ жидкихъ кружковъ и нѣсколькими келейками, наполненными воздухомъ и водою, и, обернувъ его свинцовымъ листомъ, положилъ его въ смѣсь соли съ мелко-нарубленнымъ льдомъ.

(*) Это конечно относится только къ озерному льду, испытанному какъ описано.

Кружки замерзли въ нѣсколько минутъ и превратились въ тонкіе тусклые круги, состоявшіе иногда изъ концентрическихъ колецъ, напоминающихъ наслоеніе нѣкоторыхъ агатовъ. Съ боку диски имѣли видъ тонкихъ линій. Водяныя келейки также замерзли, а соединенный съ ними воздушный пузырь значительно уменьшился, Я помѣстилъ ледъ между собою и газовою лампою и наблюдалъ его въ луппу: черезъ нѣсколько времени замерзшіе диски и водяные келейки начали таять. Кольца дисковъ изчезли и диски превратились въ жидкія пятна, постепенно увеличивавшіяся, пока наконецъ нѣкоторые изъ нихъ не превратились снова въ прозрачные круги. Но здѣсь можно возразить, что таяніе льда зависѣло отъ теплыхъ лучей, идущихъ отъ лампы. Опыты, о которыхъ я сообщу, покажутъ справедливость этого возраженія. Взявъ прямоугольную пластинку Норвежскаго льда въ 1 дюймъ толщины, 3 дюйма длинны и 2 ширины, съ особенно явственными, составными келейками, я обернулъ ее въ свинцовый листъ и положилъ въ охлаждающую смѣсь. Въ десять минутъ водяные пузырьки совершенно замерзли. Я тотчасъ же поставилъ ледъ въ теплую комнату гдѣ лучистая теплота не могла на него дѣйствовать и наблюдалъ его каждые четверть часа. Тусклыя замерзшія пятнышки превращались мало-помалу въ капельки воды, а черезъ два часа, водяные пузыри въ серединѣ ледяной плиты возобновились въ прежнемъ видѣ; при послѣднемъ опытѣ, плита была въ $^1/_2$ дюйма толщины и жидкія капли видны были въ самой серединѣ ея. Тоже самое произошло съ другимъ кускомъ, замороженнымъ такимъ же образомъ и обернутымъ фланелью. Черезъ полтора часа, вода замерзшая вокругъ воздушнаго пузыря возвратилась въ прежнее жидкое состояніе. И такъ возможность плавленія внутри массы льда посредствомъ теплоты, проведенной черезъ всю остальную массу и не расплавившей ее, несомнѣнна. Я уже говорилъ о жидкихъ впадинахъ, которыя наблюдалъ Агассисъ во льду взятомъ изъ ледниковъ, когда его выставляютъ на солнце. Жаръ отъ раскаленныхъ угольевъ производитъ тоже дѣйствіе. Я ставилъ противъ такого огня плиты свѣтлаго льда изъ Венгамскаго озера, въ которыхъ было нѣсколько отдѣльныхъ воздушныхъ пузырьковъ. Сперва пузыри замѣтно округлились, но безъ малѣйшаго признака воды. Вскорѣ пузырьки ближайшіе къ нагрѣваемой поверхности, окружились жидкимъ кольцомъ, которое постепенно расширялось и наконецъ украсилось на краяхъ своихъ зубчиками, какъ

показано на рисункѣ. Если дѣйствіе огня продолжалось, зубчики дѣлались яснѣе (*).

Другую ледяную плитку, наполненную пузырьками, держали надъ огнемъ такъ близко, какъ только могла вытерпѣть рука. Видъ ея былъ очень хорошъ, когда отнявъ ее отъ огня, разсматривали ее въ увеличительное стекло. Многіе пузыри казались окруженными рядомъ концентрическихъ колецъ, изъ которыхъ внѣшнее, окружавшее всѣ остальные, имѣло зубчики на краю. Но невозможно было произвести такого же явленія прикладывая ледъ къ нагрѣтой металлической полосѣ (**), или посредствомъ лучистой теплоты, исходящей изъ темнаго источника. Ледъ, какъ замѣтили прежде, непроницаемъ для теплоты изъ такого источника (***). При обыкновенномъ огнѣ лучи поглощены вполнѣ возлѣ самой поверхности, на которую они падаютъ, и внутреннее разжиженіе ограничивается тонкимъ слоемъ льда у самой поверхности.

Въ прозрачныхъ льдинахъ, поставленныхъ передъ раскаленными угольями, разжиженіе происходитъ нетолько вокругъ пузырей, но и цвѣтки, описанные нами, какъ произведеніе солнечныхъ лучей, образуются сотнями. Они также образуются въ тонкомъ слоѣ близь поверхности, на которую падаютъ лучи.

Въ испытанныхъ такимъ образомъ кускахъ сіяющія серединки цвѣтовъ нерѣдко соединялись между собою чрезвычайно красивыми излучистыми линіями.

Вышеозначенныя изслѣдованія показали, что таяніе въ верхнемъ слоѣ ледяной массы происходитъ при температурѣ ниже той, которая требуется для таянія внутри ея. Колебанія частицъ верхняго слоя необходимыя для превращенія льда въ воду происходятъ при 32° F; для того же, чтобы произвести тоже самое внутри льда нужна температура

(*) Пузыри во льду ледниковъ принимаютъ такую же форму. См. фиг. 8, листъ 6, въ Атласѣ Systême Glaciaire. Фиг. 13 имѣетъ близкое сходство съ цвѣтообразными фигурками, произведенными лучистой теплотой въ озерномъ льду.

(**) Для произведенія водяныхъ впадинъ во льду необходимо довольно продолжительное время; болѣе продолжительное, чѣмъ то, которое необходимое для того, чтобы расплавить такой же величины кусокъ льда.

(***) Вотъ причина плотности льда, находящагося подъ ледниками; солнечные лучи превращены сверху лежащимъ льдомъ въ темную теплоту, которая дѣйствуетъ только на самые неглубокіе слои льда, но не можетъ производить плавленія въ глубочайшихъ слояхъ, подобно солнечнымъ лучамъ, дѣйствующимъ на ледъ непосредственно.

$32^{0} F+x$, гдѣ прибавочное число x изображаетъ прибавленіе температуры, нужное для того, чтобы побѣдить взаимное притяженіе частицъ, препятствующее таянію льда внутри.

Предположимъ, что два ледяныхъ куска, съ мокрыми поверхностями, при $32^{0} F$, прикасаются одинъ къ другому. Такимъ образомъ части льда, которыя были извнѣ, дѣлаются внутренними. Температура таянія внутреннихъ частей льда равна $32+x$ и таяніе на обращенныхъ внутрь поверхностяхъ остановлено. До обращенія внутрь, на этихъ поверхностяхъ происходило движеніе, свойственное жидкимъ частицамъ, но внутри льда нѣтъ такого движенія; вскорѣ на обѣихъ поверхностяхъ, прилегающихъ къ жидкости и въ самой жидкости установится равновѣсіе, и частицы будутъ совершать такія колебанія около своихъ положеній равновѣсія, при которыхъ невозможно жидкое состояніе. Промежуточная жидкость замерзнетъ и скрѣпитъ ледяныя поверхности, между которыми она находилась (*). Если я неправъ, надѣюсь, что я употребилъ такой способъ выраженія, что легко уловить мою ошибку. Но правъ ли я или нѣтъ, цѣль моя высказать какъ можно яснѣе мое мнѣніе объ этомъ предметѣ.

V.

Опыты г-на Фаредэя надъ смораживаніемъ ледяныхъ кусквъ рпе $32^{0} F$ и всѣ опыты, исчисленные Гексли и мною, объясняются изоолжни ными здѣсь физическими началами. Превращеніе снѣга въ névé, и послѣдняго въ ледникъ, есть можетъ быть блистательнѣйшее проявленіе того же начала. Мнѣ возражали, что смораживаніе двухъ кусковъ льда можно объяснить сцѣпленіемъ, которое проявляется, когда мокрый ледъ прикасается къ стеклу и къ нѣкоторымъ другимъ тѣламъ. Но здѣсь не то. Для смороженныхъ такимъ образомъ кусковъ льда вовсе невозможно скользящее движеніе. Если переломить его въ мѣстѣ спая, онъ разломается съ трескомъ, свойственнымъ разлому твердаго тѣла. При обыкновенной температурѣ невозможно соединить такимъ образомъ

(*) Здѣсь подразумѣвается совершенное прикосновеніе ледяныхъ поверхностей, то есть, что жидкій простѣнокъ такъ тонокъ, что частицы поверхностей могутъ дѣйствовать другъ на друга *черезъ* него. Поэтому можно заключить о чрезвычайный тонкости слоя жидкости. Толстый слой воды не только не препятствуетъ таянію льда, но ускоряетъ его.

стекло со льдомъ, или два стекла вмѣстѣ, квасцы съ квасцами, или селитру съ селитрою. Къ тому же я оставлялъ соединенные куски льда на цѣлую ночь, и находилъ ихъ на слѣдующее утро смерзшимися такъ крѣпко, что когда я пробовалъ отдѣлить ихъ другъ отъ друга, разломъ прошелъ по одному изъ кусковъ льда вмѣсто того, чтобы направиться по плоскости смерзанія. Многіе проницательные люди высказывали мнѣніе, что ледъ привозимый изъ Норвегіи и Венгамскаго озера можетъ сохранить въ себѣ достаточное количество холода для того, что бы заморозить тонкій слой воды, заключающійся между двумя кусками. Представленные факты даютъ удовлетворительный отвѣтъ на эти соображенія; ледъ употребленный для опытовъ нельзя считать хранилищемъ холода, потому что внутри его находятся жидкія водяныя частицы.

О поглощении и испускании теплоты.

На способность поглощенія и испусканія теплоты имѣетъ большое вліяніе видъ поверхности и физическое состояніе испытываемаго тѣла. Этимъ объясняется то обстоятельство, что различные наблюдатели, изслѣдывая одни и тѣ же тѣла, находили неодинаковыя числа. Кованная металлическая пластинка испускаетъ лучи теплоты хуже чѣмъ литая. Вообще можно сказать, что съ увеличеніемъ плотности лучеиспускающей поверхности уменьшается способность лучеиспусканія. Ковка и полировка увеличиваютъ плотность, и потому уменьшаютъ способность поглощать и испускать лучи; напротивъ, царапая металлическую поверхность, мы уменьшаемъ ея плотность, и потому увеличиваемъ способность испускать и поглощать лучи. Въ тѣхъ случаяхъ, когда царапаніе не можетъ произвести сколько нибудь большаго измѣненія въ плотности, оно не оказываетъ замѣтнаго вліянія на испусканіе и поглощеніе теплоты. Такимъ образомъ полировка и шероховатость не имѣютъ почти вліянія на испусканіе и поглощеніе теплоты агатомъ, мраморомъ и слоновою костью.

Какъ велико вліяніе физическаго состоянія тѣла на его способность лучеиспусканія, видно изъ опытовъ Массона и Куртепе. Они испытывали различные химическіе осадки самыхъ разнообразныхъ составовъ и цвѣтовъ. Этими порошками они покрывали тонкія металлическія пластинки, на которыхъ находилось небольшое количество клея. Оказалось, что всѣ эти тѣла обладаютъ почти одинаковыми способностями лучеиспусканія, которыя весьма близки къ лучеиспусканію сажи.

Есть опыты, показывающіе, что тѣло испускаетъ лучи не только

отъ частицъ, лежащихъ на поверхности, но и отъ тѣхъ, которыя находятся на нѣкоторой глубинѣ. Такъ покрывши полированную металлическую пластинку тонкимъ слоемъ лака мы довольно значительно увеличиваемъ ея способность лучеиспусканія; покрывая пластинку другимъ слоемъ лака, мы еще болѣе увеличиваемъ эту способность и это продолжаетса до тѣхъ поръ, пока слой лаку не достигнетъ толщины 0,025^{mm}, послѣ чего утолщеніе лаковаго слоя не оказываетъ уже вліянія на лучеиспусканіе.

Если бы подающіе на какое нибудь тѣло лучи могли бы только отражаться и поглощаться, то увеличеніе способности отражать лучи совпадало бы всегда съ уменьшеніемъ способности поглощать ихъ. Но лучи свѣта и теплоты, кромѣ отраженія и поглощенія, испытываютъ еще *разсѣяніе*, т. е. часть ихъ расходится отъ точки паденія во всѣ стороны. Чрезъ это зависимость между способностями поглощенія и отраженія усложняется. Если при полировкѣ тѣла способность отражать лучи увеличится на столько же, на сколько уменьшится способность разсѣевать ихъ, то очевидно, полировка тѣла не будетъ имѣть вліянія на его спобность поглощенія.

Наконецъ нѣкоторыя тѣла не одинаково поглощаютъ темную и свѣтлую теплоту. Предметъ этотъ мало изслѣдованъ; но тѣмъ не менѣе достовѣрно извѣстно, что бѣлила поглощаютъ темную теплоту почти также хорошо какъ и сажа, между тѣмъ какъ свѣтлая теплота поглощается ими гораздо хуже.

А Ш.

ЛЕКЦІЯ X.

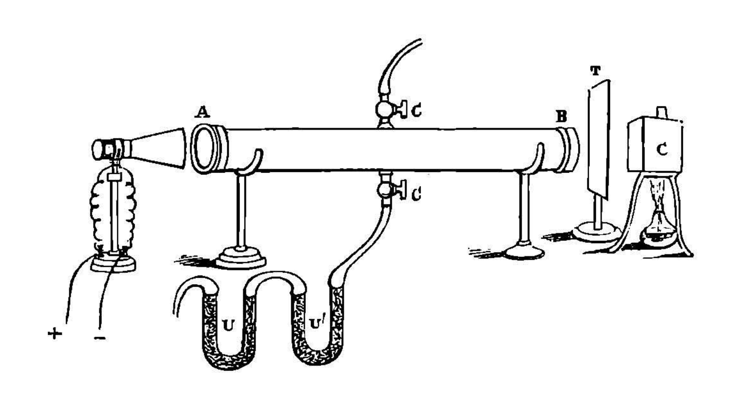
Поглощеніе теплоты газообразными веществами.—Приборъ употребляемый при наблюденіяхъ.—Затрудненія при производствѣ опытовъ. Теплозрачность воздуха и прозрачныхъ химически простыхъ газовъ. — Теплонепрозрачность маслороднаго газа и вообще сложныхъ газовъ. — Поглощеніе лучистой теплоты парами. — Лучеиспусканіе теплоты газами. — Отношеніе между испусканіемъ и поглощеніемъ лучей. — Вліяніе молекулярнаго строенія на прохожденіе лучистой теплоты.

Въ предъидущей лекціи мы разсмотрѣли теплопрозрачность жидкихъ и твердыхъ тѣлъ и нашли, что, какъ бы ни были малы разстоянія между атомами, но остающіеся между ними промежутки, во многихъ случаяхъ, почти не препятствуютъ распространенію эѳирнымъ колебаній; въ другихъ же случаяхъ, напротивъ, мы находимъ, что волны теплоты встрѣчаютъ сопротивленіе состороны молекулей, попадающихся имъ на пути. Въ такомъ случаѣ эти молекули сами начинаютъ колебаться и дѣлаются сами центромъ колебаній. Такимъ образомъ мы узнали, что совершенно теплопрозрачныя тѣла даютъ свободный проходъ волнамъ теплоты, и сами при этомъ не нагрѣваются, между тѣмъ какъ тѣла, не пропускающія теплыхъ лучей, нагрѣваются вслѣдствіе поглощенія ими теплоты. Если пропускать сильный теплородный лучь черезъ ледъ, то онъ пройдетъ сквозь это крайне чувствительное вещество, не расплавляя его нисколько, если только этотъ лучъ не принадлежитъ къ числу тѣхъ, которые поглощаются льдомъ. Теперь мы педрехоимъ къ изслѣдованію газообразныхъ тѣлъ, въ которыхъ промежутки

между атомами столь велики, что мы, повидимому безошибочно, можемъ сказать, что газы и пары доставляютъ совершенно свободный проходъ теплымъ лучамъ. Это мнѣніе до послѣдняго времени было всѣми принято и подтверждено опытами надъ атмосфернымъ воздухомъ, въ которомъ весьма тщательные опыты не могли открыть сколько нибудь значительной способности поглощать лучи.

Но средства для производства наблюденій съ каждымъ годомъ совершенствуются: мы можемъ теперь производить изслѣдованія, которыя были невозможны для нашихъ предшественниковъ, и потому неудачи ихъ не должны останавливать насъ. Испытаемъ атмосферный воздухъ, который принадлежитъ къ тѣламъ наиболѣе теплопрозрачнымъ, и сдѣлаемъ предварительный опытъ, слѣдующимъ образомъ. Возьмемъ пустой оловянный цилиндръ *AB* (фиг. 89) 4 фут. длины и

Фиг. 89.



около 3-хъ дюймовъ въ діаметрѣ, и будемъ черезъ него пропускать лучи теплоты. Концы цилиндра плотно закрываются, такъ что изъ цилиндра можно вытягивать воздухъ. Такимъ образомъ мы получаемъ возможность сравнивать прохожденіе лучей теплоты черезъ воздухъ съ прохожденіемъ ихъ черезъ пустое пространство. Здѣсь представляются намъ нѣкоторыя затрудненія. Прежде всего замѣтимъ, что такъ какъ вообще темная теплота легче поглощается тѣлами чѣмъ свѣтлая, и такъ какъ мы намѣрены наблюдать поглощеніе теплоты тѣломъ въ высшей степени діатермическимъ, то мы и употребимъ при этомъ опытѣ темную теплоту.

Слѣдовательно нашъ цилиндръ нужно закрывать крышками изъ такихъ веществъ, которыя бы могли свободно пропускать лучи темной

теплоты. Можно ли для этой цѣли употребить стекло? Таблица (на стр. 234) показываетъ вамъ, что стекло относится къ тѣламъ наименѣе теплопрозрачнымъ; мы бы могли съ такимъ же успѣхомъ употребить и металлическія пластинки. При этомъ нельзя не замѣтить, какъ вообще результаты прежнихъ изслѣдованій служатъ почвою для новыхъ; изъ одного опыта рождается другой, и наука совершенствуется, по мѣрѣ упрощенія средствъ къ достиженію цѣли. Если бы Меллони не открылъ теплопрозрачности каменной соли, мы бы теперь совершенно не знали, что дѣлать. Мнѣ было весьма трудно отыскать годныя по величинѣ и чистотѣ пластинки каменной соли, которыя необходимы въ этихъ наблюденіяхъ для закрытія концовъ цилиндра; но благодаря Гершелю, я имѣю теперь такія пластинки; онѣ вдѣланы въ оправу, которая ввинчивается въ цилиндръ такъ, что воздухъ совершено не будетъ проходить въ него,

На прилагаемой фигурѣ мы видимъ два крана соединенные съ цилиндромъ. Одинъ изъ нихъ C сообщается съ воздушнымъ насосомъ; другой C' служитъ для того, чтобы впускать въ трубку воздухъ, или какой нибудь другой газъ. Около одного изъ концовъ цилиндра ставится кубъ Лесли C съ кипящею водою, который покрывается голландскою сажею для увеличенія лучеспусканія. Противъ другаго конца цилиндра ставится термоэлектрическій столбикъ, проволоки котораго соединяются съ гальванометромъ. Между концомъ цилиндра и источникомъ теплоты ставится оловянная ширмочка T, по удаленіи которой лучи теплоты могутъ проходить черезъ трубку къ термоэлектрическому столбику. Сначала вытянемъ воздухъ изъ цилиндра, потомъ отодвинемъ немного въ сторону ширму, такъ чтобъ лучи могли проходить сквозь трубку и падать на термоэлектрическій столбикъ. Оловянная ширмочка нами несовсемъ удалена и отклоненіе, производимое проходящими черезъ трубу лучами, равняется 30-ти градусамъ.

Впустимъ теперь въ цилиндръ сухой воздухъ. Кранъ C' помощью гутаперчевой трубки соединяется съ изогнутой трубкою UU', содержащею въ первомъ колѣнѣ U куски пемзы, смоченные растворомъ ѣдкаго кали, которое поглотитъ угольную кислоту, еслибъ таковая оказалась въ воздухѣ; въ другомъ колѣнѣ U' находится пемза, смоченная сѣрною кислотою, которая поглощаетъ водяные пары проходящаго около нея воздуха. Такимъ образомъ воздухъ, впускаемый въ цилиндръ, очищается какъ отъ угольной кислоты, такъ и отъ водяныхъ паровъ. При вхожденіи воздуха ртуть въ манометрѣ воздушнаго насоса понижается,

и въ это время будемъ наблюдать за стрѣлкою гальванометра. Если входящій воздухъ задержитъ часть лучей, идущихъ черезъ трубку, — что произойдетъ въ томъ случаѣ, если воздухъ способенъ поглощать теплоту, — то мы сейчасъ замѣтимъ уменьшеніе отклоненія стрѣлки гальванометра. Теперь трубка совершенно наполнена воздухомъ; но мы не замѣчаемъ ни малѣйшаго измѣненія въ положеніи стрѣлки. Слѣдовательно, изслѣдываемый воздухъ также хорошо пропускаетъ лучистую теплоту, какъ и пустое пространство. Если измѣнить положеніе ширмочки *T*, то вмѣстѣ съ этимъ будетъ измѣняться и количество теплоты, которое подаетъ на термо-электрическій столбикъ; такимъ образомъ при постепенномъ отодвиганіи ея, стрѣлка отклонится на 40$_o$, 50°, 60°, 70°, и 80°, и при каждомъ изъ этихъ положеній ширмочки мы можемъ сравнивать теплопрозрачность воздуха съ теплопрозрачностью пустаго пространства; стрѣлка всегда будетъ оставаться на числѣ градусовъ, соотвѣтствующемъ данному положенію ширмы. Тоже самое случается и при отклоненіи стрѣлки на 20, или на 10 градусовъ.

И такъ неподвижность стрѣлки доказываетъ намъ совершенную теплопрозрачность воздуха.

Но естествоиспытатель не долженъ быть легковѣрнымъ. Проанализируемъ хорошенько нашъ опытъ и именно при наименьшемъ отклоненіи стрѣлки на 10 град. Положимъ, что воздухъ не принадлежитъ къ тѣламъ вполнѣ діатермическимъ, что онъ поглощаетъ очень малое количество теплоты, а именно: одну тысячную всѣхъ лучей, которые проходятъ черезъ трубку.

Возможно ли открыть подобное поглощеніе? такого рода поглощеніе, если бы оно только существовало уменьшило бы отклоненіе стрѣлки на тысячную часть десяти градусовъ, или на сотую долю одного градуса, а такого измѣненія отклоненія совершенно невозможно наблюдать (мы говоримъ здѣсь не о термометрическихъ, а о гальванометрическихъ градусахъ). Въ предполагаемомъ нами случаѣ, все количество теплоты, падающей на столбикъ, будетъ такъ мало, что при поглощеніи малой части этого количества, мы не можемъ замѣтить этого, даже при самомъ тщательномъ наблюденіи.

Но тоже самое было замѣчено, когда стрѣлка отклонялась на 80° и когда слѣдовательно, количество теплоты было довольно значительно. Здѣсь мы встрѣчаемъ еще новое затрудненіе. Нужно составить себѣ ясное понятіе объ одной очень важной особенности гальванометра.

Установимъ стрѣлку на 0°, и предположимъ, что на термоэлектрическій столбикъ падаетъ количество теплоты, достаточное для того, чтобы произвести отклоненіе стрѣлки на одинъ градусъ. Предположимъ далѣе, что мы увеличиваемъ постепенно количество падающей теплоты на столько, чтобы производить отклоненія на 2, 3, 4 и 5 градусовъ. Мы видимъ такимъ образомъ, что количества теплоты, производящія эти отклоненія, относятся другъ къ другу какъ отклоненія, то есть какъ числа 1: 2: 3: 4: 5; количество теплоты, производящее отклоненіе на 5°, будетъ въ 5 разъ больше того, которое производитъ отклоненіе на 1°; но эта пропорціональность существуетъ только до тѣхъ поръ, пока отклоненіе не превосходитъ извѣстной величины. Потому что, по мѣрѣ того, какъ стрѣлка все болѣе и болѣе удаляется отъ нуля, условія для дѣйствія тока на нее становятся все болѣе и болѣе неблагопріятными. Фактъ этотъ можно наблюдать на рычагѣ: мы легко замѣтимъ, что нужно всегда давить на рычагъ по направленію, перпендикулярному къ нему, потому что если давить подъ косымъ угломъ, то только часть его силы употреблялась на то, чтобы повернуть рычагъ. То же самое происходитъ и въ нашемъ случаѣ съ электрическими токами: если стрѣлка очень наклонена относительно направленія проволокъ, по которымъ проходятъ токи, то только часть силы токовъ употребляется на поворачиваніе стрѣлки, такъ то, хотя количество теплоты очень точно можетъ быть выражено, и въ нашемъ случаѣ выражается силою токовъ, которые она возбуждаетъ; но большія отклоненія, будучи произведены только частью силы тока, вслѣдствіе наклоннаго положенія стрѣлки относительно проволокъ, выражаютъ не всю силу токовъ, а только часть ея; вслѣдствіе чего эти отклоненія не могутъ быть истинною мѣрою того количества теплоты, которое дѣйствуетъ на термоэлектрическій столбикъ.

Употребляемый нами гальванометръ устроенъ такъ, что углы отклоненія, доходящіе до 30°, или около того, пропорціональны количествамъ теплоты, дѣйствующей на столбикъ. Количество теплоты, необходимое для того, чтобы передвинуть стрѣлку отъ 30° до 31°, почти равняется тому, которое потребно для передвиженія стрѣлки, отъ 0° до 1°; но при отклоненіяхъ, значительно большихъ чѣмъ 30°, пропорціональность не будетъ болѣе существовать. Количество теплоты, потребное для того, чтобы передвинуть стрѣлку отъ 40° до 41°, будетъ въ три раза больше того, которое необходимо для того чтобы передвинуть стрѣлку отъ 0° до 1°; чтобы отклонить ее отъ 50° до 51° по-

требно теплоты въ 5 разъ болѣечѣмъ для отклоненія отъ 0° до 1°; чтобы отклонить отъ 60° до 61°, потребно почти въ 10 разъ больше теплоты чѣмь для отклоненія ея отъ 0° до 1°; чтобы отклонить съ 70° до 71° потребно почти въ 20 разъ, а отъ 80° до 81°, почти въ 50 разъ больше того, которое потребно для отклоненія отъ 0° на 1°. Такимъ образомъ, чѣмъ выше мы поднимаемся, тѣмъ получаемъ большія количества теплоты, сравнительно съ выражаемымъ градусомъ отклоненія. Причина этому та, что сила, приводящая въ движеніе стрѣлку, представляетъ только частицу той силы, которая дѣйствительно циркулируетъ въ проволокахъ, въ слѣдствіе чего и выражаетъ только частицу теплоты, дѣйствующей на термоэлектрическій столбикъ.

Посредствомъ извѣстнаго способа, о которомъ мы не станемъ здѣсь распространяться, можно сравнить эти высшіе градусы съ нисшими (*). Такимъ образомъ мы узнаемъ, что отклоненія на 10, 20 и 30 градусовъ выражаютъ количества теплоты, представляемыя числами 10, 20, 30, отклоненіе же 40° представляетъ количество теплоты, выражаемое числомъ 47; отклоненіе 50° выражаетъ количество теплоты, представляемое числомъ 68; отклоненія же 60°, 70°, 80°, выражаютъ количества теплоты, которыя возрастаютъ гораздо скорѣе, чѣмъ самыя отклоненія.

Къ какому результату приводитъ насъ этотъ анализъ? Къ тому, что слѣдуетъ избрать лучшій методъ для изслѣдованія этого вопроса. Сдѣланный нами анализъ наводитъ на мысль, что когда проходящія сквозь трубку количества теплоты производятъ малыя отклоненія, то количество дѣйствующей на столбъ теплоты бываетъ столь незначительно, что если часть ея поглотится, то она совершенно ускользаетъ отъ наблюденія; если же, пропуская большее количество теплоты, мы получаемъ большее отклоненіе, то стрѣлка находится въ такомъ положеніи, что измѣненіе ея положенія на незначительный уголъ требуетъ значительнаго увеличенія или уменьшенія количества теплоты. Въ одномъ случаѣ $^1/_{1000}$ часть проходящей теплоты была бы слишкомъ мала, что бы можно было измѣрить ее; въ другомъ случаѣ $^1/_{1000}$ часть проходящей теплоты представляетъ уже значительную величину; но она не достаточна для того, чтобы отклонить стрѣлку на сколько нибудь замѣтную величину вслѣдствіе неблагопріятнаго положенія стрѣлки относительно токовъ. Такъ, напримѣръ, если отклоненіе будетъ

(*) Смотри прибавленіе къ этой лекціи.

выше 80°, то увеличеніе, или уменьшеніе количества теплоты, которое могло бы измѣнить отклоненіе стрѣлки на 15° или 20°, еслибъ она была недалеко отъ 0°, произведетъ столь малое отклоненіе, что его едва можно измѣрить.

Мы теперь стоимъ лицомъ къ лицу съ нашею задачею. Дѣло въ томъ, чтобы производить опытъ, пропуская сквозь трубку такое большое количество теплоты, чтобы уже и самая малая часть этого количества не была бы безконечно малою, и кромѣ того, чтобы положеніе стрѣлки было таково чтобы, она была чувствительна къ малымъ измѣненіямъ въ количествахъ теплоты. Если бы мы этого достигли, то наше экспериментальная сила можно сказать увеличилась бы весьма значительно. Если хоть малѣйшая часть теплоты поглощается газомъ, то мы можемъ увеличить абсолютную величину этой части посредствомъ увеличенія того цѣлаго, котораго она есть часть.

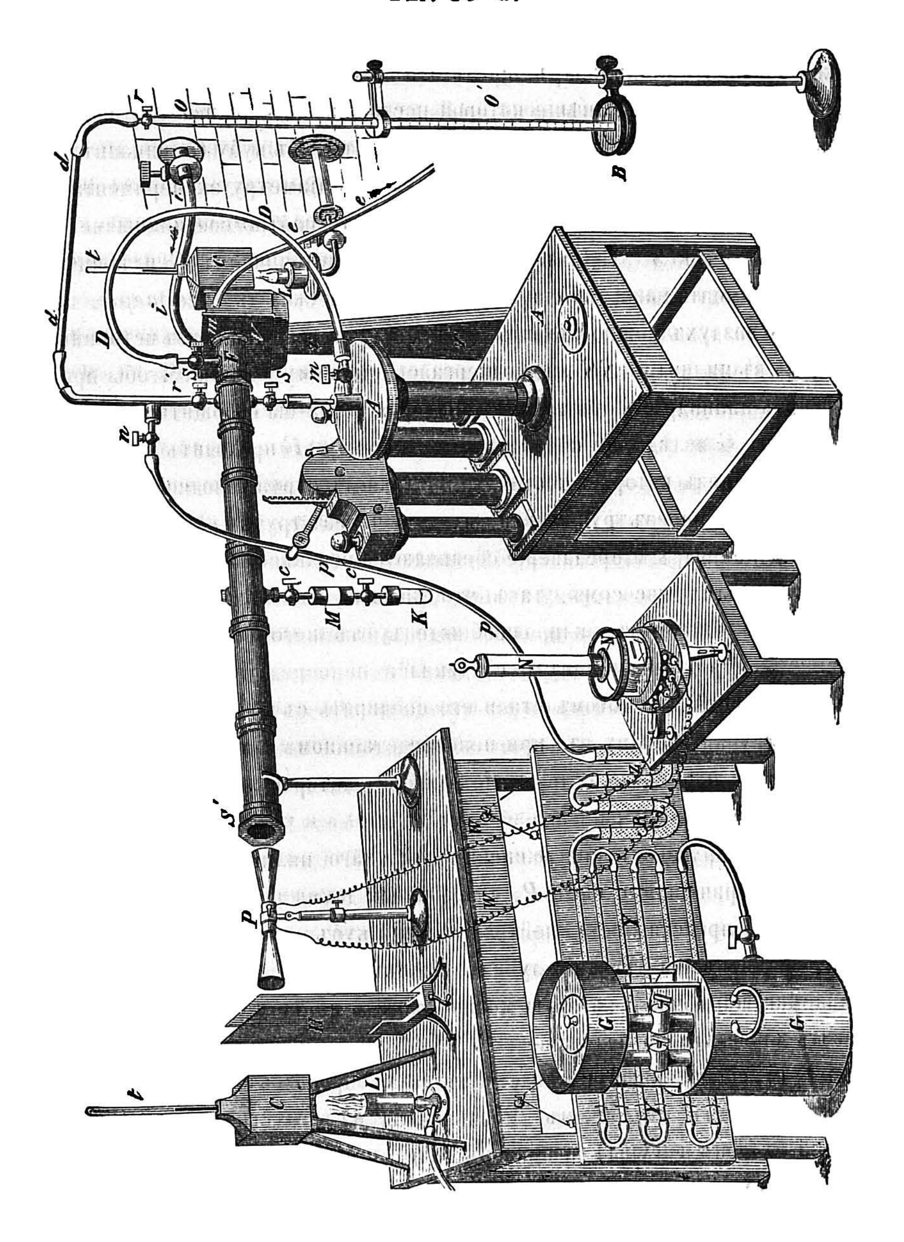
Дѣйствительно эта задача можетъ быть разрѣшена практическимъ путемъ. Намъ извѣстно, что если теплота будетъ дѣйствовать на противуположныя стороны термоэлектрическаго столбика, то образующіеся токи болѣе или менѣе нейтрализуютъ другъ друга, и если совершенно одинаковыя количества теплоты дѣйствуютъ на обѣ стороны столбика, то токи совершенно нейтрализуются. Положимъ, что стрѣлка нашего гальванометра отклонена на 80° теплотою, проходящею сквозь трубку. Откроемъ другую сторону столба, снабдимъ ее коническимъ рефлекторомъ и поставимъ прямо противъ него кубъ съ кипящею водою; при этомъ стрѣлка тотчасъ возвратится къ 0°.

При помощи хорошо принаровленной ширмы можно устроить такъ, что теплота, падающая на заднюю сторону столбика, постоянно будетъ нейтрализировать теплоту, дѣйствующую на другую его сторону.

И такъ мы имѣемъ два довольно большихъ и совершенно равныхъ количествъ теплоты, которыя падаютъ на обѣ стороны столбика. Одинъ изъ этихъ притоковъ теплоты проходитъ сквозь цилиндръ, несодержащій воздуха. Впустимъ теперь въ цилиндръ воздухъ, и еслибы онъ оказалъ какое нибудь вліяніе на лучи теплоты, то до сихъ поръ существовавшее равенство нагрѣваній обѣихъ сторонъ столбика должно бы уничтожиться, потому что часть лучей, проходящихъ черезъ трубку, поглотилась-бы воздухомъ. Второй источникъ превышалъ бы первый, а въ слѣдствіе этого и стрѣлка крайне чувствительная вслѣдствіе своего положенія относительно проволокъ, тотчасъ бы отклонилась въ сторону сильнѣйшаго тока.

Такимъ образомъ мы описали вкратцѣ аппаратъ, при помощи котораго можно опредѣлить отношеніе лучистой теплоты къ газообразнымъ тѣламъ. Но наблюденія, необходимыя для этого должны быть до того тщательны, что простой приборъ, подобный тому, который только что

Фиг. 89 *a*.



описанъ нами, совершенно не можетъ соотвѣтствовать нашей цѣли. Теперь впрочемъ, намъ нетрудно будетъ понять устройство и употребленіе болѣе совершеннаго снаряда, посредствомъ котораго точно опредѣляется поглощеніе и лучеиспусканіе теплоты газообразными тѣлами.

Для этого берется мѣдный, внутри полированный цилиндръ SS', длиною въ 4 фута (фиг. 89 a); концы цилиндра, называемаго экспериментальнымъ, плотно закрываются пластинками изъ каменной соли, и воздухъ не можетъ входить въ цилиндръ черезъ эти крышки: кубъ изъ литой мѣди C, наполненный водою, кипѣніе которой постоянно поддерживается посредствомъ лампы L, служитъ источникомъ теплоты. Къ кубу C припаянъ короткій цилиндръ F, діаметръ котораго равенъ діаметру экспериментальнаго цилиндра. Эти два цилиндра могутъ быть плотно соединены между собою въ точкѣ S Такимъ образомъ между источникомъ C и концомъ S' экспериментальной трубки, мы имѣемъ такъ сказать *преддверіе*, изъ котораго воздухъ можно удалить, такъ что лучи, выходящіе изъ источника, входятъ въ цилиндръ SS', не подвергаясь никакому вліянію. Чтобы предохранить цилиндръ S отъ теплоты, которая могла-бы сообщиться ему отъ источника C вслѣдствіе проводимости, цилиндръ F проходитъ черезъ сосудъ V черезъ который постоянно протекаетъ струя холодной воды, которая входитъ черезъ трубку *ii*, а выходитъ черезъ трубку *ee*. Экспериментальный цилиндръ и преддверіе соединяются независимо другъ отъ друга съ воздушнымъ насосомъ, такъ что каждый изъ нихъ, можетъ быть наполненъ воздухомъ, или освобожденъ отъ него отдѣльно. Прежде экспериментальный цилиндръ соединялся непосредственно съ воздушнымъ насосомъ, но потомъ стали его соединять съ послѣднимъ помощью гибкой трубки, потому что при непосредственномъ соединеніи цилиндра съ насосомъ происходило дрожаніе прибора, которое этимъ измѣненіемъ было совершенно устранено.

Около другаго конца экспериментальнаго цилиндра, помѣщается термоэлектрическій столбъ P, снабженный двумя коническими рефлекторами. C' представляетъ нейтрализующій кубъ, который служитъ для нейтрализированія дѣйствія лучей, идущихъ отъ C. H есть приноравливаемая ширмочка, которую можно двигать въ ту и другую сторону и давать какое угодно положеніе; NN довольно чувствительный гальванометръ, соединенный посредствомъ двухъ проволокъ WW съ термоэлектрическимъ столбикомъ. Раздѣленная на градусы трубка OO', (на правой сторонѣ фигуры) и приборъ MK (придѣланный къ срединѣ экспериментальнаго цилиндра) будутъ описаны впослѣдствіи.

Я не стану утомлять васъ подобнымъ описаніемъ тѣхъ трудностей, которыя сопряжены съ употребленіемъ этого снаряда, и тѣхъ безчисленныхъ предосторожностей, которыя необходимы для совершеннаго нейтрализированія дѣйствій двухъ сильныхъ источниковъ теплоты. Надъ однимъ атмосфернымъ воздухомъ было произведено тысячь десять наблюденій. Иногда, въ продолженіи одной или двухъ недѣль производятся наблюденія; по видимому найдены всѣ необходимыя для точности условія, и получаются согласные и удовлетворительные результаты; но при повѣркѣ опыта вдругъ, сверхъ всякаго чаянія, оказывается, что въ наблюденія вкралась погрѣшность, — и все изслѣдованіе нужно начинать опять съизнова, измѣнивши прежнія условія. Вотъ что пугаетъ экспериментатора; онъ долженъ сперва преодолѣть запутанность темнаго и сомнительнаго предмета, не зная того, приведутъ-ли его усилія къ какому нибудь результату. Вотъ почему такъ трудно дѣлать открытія и почему они такъ рѣдки.

Но каждый экспериментаторъ, и въ особенности молодой, долженъ знать, что если онъ ведетъ борьбу какъ слѣдуетъ, то онъ непремѣнно останется побѣдителемъ; а потому если онъ и получаетъ отрицательные результаты, то сознаніе, что онъ не щадилъ ни средствъ, ни трудовъ для глубокаго и точнаго изслѣдованія предмета, возбуждаетъ въ немъ новую силу и твердость для произведенія дальнѣйшихъ розысканій.

Но возвратимся къ нашему предмету. Въ первыхъ моихъ опытахъ я мало обращалъ вниманія на присутствіе паровъ и угольной кислоты въ воздухѣ, предполагая, что ихъ ничтожное количество не могло особенно вліять на лучистую теплоту; но вскорѣ я принужденъ былъ разубѣдиться въ этомъ. Сначала я употреблялъ хлористый кальцій для осушенія воздуха; но оставилъ его вскорѣ и сталъ употреблять куски пемзы, пропитанные сѣрною кислотою. Эта пемза помѣщалась въ трубкѣ, имѣющей видъ буквы *V* Но это вскорѣ было оставлено, и вмѣсто пемзы я клалъ въ трубку толченое чистое стекло, которое смачивалъ сѣрною кислотою. Хотя это послѣднее средство самое лучшее, но и здѣсь нужно быть крайне осторожнымъ. Въ трубки эти необходимо всегда насыпать сухаго стекла надъ смоченнымъ, потому что самое ничтожное количество пыли, или кусочекъ сургуча, величиною небольше, какъ въ двадцатую часть булавочной головки, попадая въ сѣрную кислоту, совершенно испортятъ дѣло; кромѣ того, нужно часто перемѣнять содержимое трубокъ, такъ какъ органическія ча-

стицы, находящіяся въ атмосферѣ, какъ ни мало ихъ въ ней, также могутъ вредить изслѣдованію.

Для отдѣленія угольной кислоты отъ воздуха въ послѣднее время я сталъ употреблять куски чистаго каррарскаго мрамора, которые обливаются ѣдкимъ кали и потомъ помѣщаются въ трубку. Таковы средства, употребляемыя мною теперь для отдѣленія паровъ и углекислоты отъ воздуха. Но прежде, чѣмъ принять ихъ окончательно, я употреблялъ приборъ, показанный на фиг. (стр. 265), устроенный слѣдующимъ образомъ: стеклянныя трубки *УУ*, каждая длинною въ 3 фута, наполняются хлористымъ кальціемъ. Около нихъ помѣщаются двѣ трубки *R* и *Z*, имѣющія видъ буквы *V* и наполненныя кусками пемзы, смоченными сѣрной кислотою. Газометръ *GG*. употребляется для другихъ газовъ; при изслѣдованіи же атмосфернаго воздуха, можно обойтись и безъ него. Теперь же, какъ я уже сказалъ, я употребляю болѣе простой пріемъ.

Теперь вытянемъ воздухъ, какъ изъ экспериментальнаго цилиндра, такъ и изъ преддверія *F*, и пропустимъ лучи теплоты отъ источника *C*. Они пройдутъ сквозь преддверіе, пластинку изъ каменной соли, находящуюся у *S*, затѣмъ пойдутъ черезъ экспериментальный цилиндръ, въ пластинку *S'* и наконецъ упадутъ на переднюю поверхность термоэлектрическаго столба *P* Дѣйствіе этихъ лучей уравновѣшивается посредствомъ теплоты, испускаемой нейтрализирующимъ кубомъ *C*, такъ что стрѣлка будетъ стоять на нулѣ. Впустимъ въ цилиндръ сухой воздухъ и посмотримъ, что при этомъ произойдетъ. Наблюдая издали, можетъ показаться, что стрѣлка остается неподвижною, и что слѣдовательно нашъ опытъ не въ состояніи открыть способности воздуха поглощать теплоту. Его атомы какъ будто не имѣютъ силы задерживать лучи теплоты, такъ что, въ отношеніи къ нимъ, воздухъ не отличается отъ пустоты. Но если присмотрѣться ближе, то можно замѣтить отклоненіе стрѣлки почти на одинъ градусъ. Кислородъ, водородъ и азотъ, должнымъ образомъ очищенные, производятъ тоже дѣйствіе, какъ и атмосферный воздухъ: они почти не поглощаютъ теплоты.

Основываясь на этомъ опытѣ, предполагали, что и другіе прозрачные газы, также одарены почти совершенною теплопрозрачностью. Но это совершенно не справедливо. Возьмемъ для опыта маслородный газъ, хотя и всякій обыкновенный свѣтильный газъ можно также употребить для этой цѣли. Выпустивъ не много этого газа на воздухъ, мы положительно убѣдимся въ его прозрачности, потому что онъ совершенно не будетъ замѣтенъ. Для произведенія опыта, вытянемъ воздухъ изъ

экспериментальнаго цилиндра, при чемъ стрѣлка будетъ стоять на нулѣ, и впустимъ газъ въ цилиндръ. При этомъ стрѣлка быстро подвинется. Прозрачный газъ поглощаетъ теплоту въ довольно большомъ количествѣ, такъ что окончательное и постоянное отклоненіе стрѣлки будетъ равняться 70°.

Поставимъ теперь металлическій экранъ между столбомъ P и концемъ S' экспериментальнаго цилиндра и задержимъ такимъ образомъ лучи, идущіе въ цилиндръ. Сторона термо-электрическаго столба, обращенная къ экрану быстро теряетъ теплоту вслѣдствіе лучеиспусканія, принимаетъ температуру комнаты, въ которой производится опытъ между тѣмъ какъ лучеиспусканіе изъ нейтрализирующаго куба продолжаетъ дѣйствовать на столбъ и производитъ отклоненіе на 75°. Но при началѣ опыта источники теплоты были совершенно равны, откуда и слѣдуетъ, что отклоненіе на 75° соотвѣтствуетъ всему количеству теплоты проходящему черезъ экспериментальный цилиндръ, когда послѣдній совершенно пустъ. Принявши за единицу количество теплоты, необходимое для отклоненія стрѣлки отъ 0° до 1°, число единицъ количества теплоты, необходимыхъ для того чтобы произвести отклоненіе на 75°, будетъ равняться:

360.

Число единицъ, соотвѣтствующихъ отклоненію 70°, будетъ:

290.

Слѣдовательно изъ всего количества, то есть изъ 360 лучей, маслородный гасъ поглотилъ 290; это составляетъ почти $^7/_9$ всего количества, или 81 процентъ. Вы можетъ быть думаете, что при вхожденіи газа въ цилиндръ пластинки каменной соли покрываются непрозрачнымъ осадкомъ. Но маслородный газъ не даетъ осадка, и пластинки совершенно чисты. Если пустимъ струю сухаго газа на эту пластинку изъ каменной соли, то она не тускнѣетъ. Въ этомъ опытѣ необходимо было употреблять каменную соль только для полученія точныхъ результатовъ; но можно показать поглощеніе теплоты маслороднымъ газомъ, удаливши пластинки каменной соли. Возьмемъ открытый оловянный цилиндръ; поставимъ его между столбомъ и источникомъ теплоты. Пропуская маслородный газъ въ цилиндръ, тотчасъ замѣтимъ прежнее отклоненіе стрѣлки.

Посмотримъ какое будетъ отклоненіе, если впускать газъ въ самомъ ничтожномъ количествѣ. Прежде всего очистимъ экспериментальный цилиндръ, продувая его помощью мѣха; послѣ этого стрѣлка станетъ на нулѣ. Теперь я быстро поварачиваю кранъ, соединяющій цилиндръ съ газометромъ, такъ что соединеніе между ними устанавливается только на мгновеніе. Не смотря на то, что въ цилиндръ входитъ очень малое количество газа, стрѣлка все таки отклоняется на 70°.

Удалимъ теперь трубку такъ, что между столбомъ и источникомъ теплоты ничего не останется кромѣ воздуха, и выпустимъ изъ газометра немного маслороднаго газа. Мы ничего особеннаго не увидимъ въ воздухѣ; но отклоненіе стрѣлки на 60° доказываетъ присутствіе этой невидимой преграды для лучей теплоты.

Такимъ образомъ мы видимъ, что эѳирныя колебанія распростарняются совершенно свободно между атомами кислорода, водорода и азота, между тѣмъ какъ, встрѣчая на своемъ пути маслородный газъ, они совершенно поглощаются имъ. Кромѣ атмосфернаго воздуха, существуютъ еще другіе газы, которые, по своей теплопрозрачности, стоятъ даже выше воздуха. Увеличивая или уменьшая число газовыхъ атомовъ въ извѣстномъ пространствѣ, или измѣняя плотность газа, можно до безконечности измѣнять количество поглощаемыхъ колебаній эѳира. Поэтому, для произведенія опытовъ надъ поглощеніемъ лучей теплоты, слѣдуетъ предпочитать газы жидкимъ и твердымъ тѣламъ. Съ этою цѣлью къ воздушному насосу придѣлывается барометрическая трубка, посредствомъ которой легко можно опредѣлить количество газовыхъ частицъ. Вытянемъ весь воздухъ изъ экспериментальнаго цилиндра, потомъ, медленно поворачивая кранъ и слѣдя за ртутнымъ столбомъ барометра, будемъ до тѣхъ поръ впускать маслородный газъ, пока ртуть понизится на 1 дюймъ; послѣ этого замѣчается отклоненіе стрѣлки. Поступая такимъ образомъ, мы опредѣлимъ поглощеніе производимое газомъ, имѣющимъ упругость равную одному дюйму ртути. Послѣ этого снова впускаемъ газъ, пока ртуть не опустится на два дюйма. Поступая такимъ образомъ, получимъ слѣдующія числа, показывающія поглощеніе при упругостяхъ газа, измѣняющихся отъ 1 до 10 дюймовъ:

Маслородный газъ:

Упругость въ дюймахъ	Поглощеніе
1	90
2	123

3	142
4	157
5	168
6	177
7	182
8	186
9	190
10	193

За единицу поглощаемой теплоты принято здѣсь количество теплоты, поглощаемое сухимъ воздухомъ, упругость котораго равна одной атмосферѣ и который наполняетъ экспериментальный цилиндръ. Изъ таблицы видно, что маслородный газъ, упругость котораго равна одной тридцатой давленія атмосферы, поглощаетъ въ девяносто разъ больше теплоты, чѣмъ атмосферый воздухъ. Изъ приведенной таблицы также видно, что при постепенномъ увеличеніи упругости маслороднаго газа на одинъ дюймъ, поглощеніе возрастаетъ все медленнѣе и медленнѣе, такъ что каждое послѣдующее возрастаніе поглощенія менѣе предыдущаго. Въ началѣ опыта газъ, имѣющій упругость, равную одному дюйму, поглощаетъ 90 лучей; увеличеніе упругости на одинъ дюймъ увеличиваетъ поглощеніе только на 33; при увеличеніи же упругости отъ девяти до десяти дюймовъ поглощеніе увеличивается только на 3 луча. Этого нужно было ожидать. Маслородный газъ, имѣющій упругость равную одному дюйму, находясь на пути лучей, такъ разрѣжаетъ ихъ, что увеличеніе упругости на второй дюймъ оказываетъ значительно слабѣйшее дѣйствіе. Поглощеніе лучей должно во всякомъ случаѣ уменьшаться, по мѣрѣ того, какъ число лучей, которые могутъ быть поглощаемы, дѣлается меньше до тѣхъ поръ, пока, послѣ поглощенія всѣхъ лучей, могущихъ быть поглощенными, оставшаяся теплота будетъ проходить черезъ газъ, нисколько не подвергаясь его вліянію.

Но предположивши, что количество газа, впущеннаго въ первый разъ, такъ незначительно, что число лучей, поглощенныхъ имъ, ничтожно въ сравненіи съ числомъ лучей, могущихъ быть поглощенными, то можно повидимому съ большою вѣроятностью предположить, что количество уничтоженныхъ лучей вполнѣ пропорціонально, по крайней мѣрѣ до нѣкотораго предѣла, количеству газа, то есть что двойное количество газа произведетъ двойное дѣйствіе, тройное количество — тройное дѣйствіе; однимъ словомъ поглощеніе, въ извѣстныхъ предѣлахъ, будетъ пропорціонально плотности газа.

Для доказательства употребляется та часть аппарата, которая была пропущена нами при общемъ описаніи его. *OO'* есть стеклянная трубка, раздѣленная на градусы (фиг. 89 *a*). Нижній конецъ опускается въ сосудъ съ водою *B*, а верхній запирается посредствомъ крана; *dd* означаетъ трубку, наполненную кусками хлористаго кальція. Трубка *OO'* сперва наполняется водою до крана *r*, потомъ вода осторожно вытѣсняется впускаемымъ снизу маслороднымъ газомъ; газъ этотъ пропускается въ эсперментальный цилиндръ черезъ кранъ *r*, и по мѣрѣ того какъ онъ входитъ, вода подымается въ трубкѣ *OO'*. Каждое дѣленіе трубки *OO'* имѣетъ объемъ равный $^1/_{50}$ части кубическаго дюйма. Газъ постепенно входитъ изъ *OO'* въ экспериментальный цилиндръ, и вмѣстѣ съ этимъ опредѣляется поглощеніе въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ. Въ слѣдующей таблицѣ первый столбецъ показываетъ количество газа впущеннаго въ цилиндръ; второй заключаетъ соотвѣтствующее поглощеніе, а третій поглощеніе, вычисленное въ предположеніи, что оно пропорціонально плотности.

МАСЛОРОДНЫЙ ГАЗЪ.

Единица, принятая за мѣру количества газа, равняется $^1/_{50}$ куб. дюйма.

Мѣра газа.	поглощеніе. Наблюдаемое.	поглощеніе. Вычисленное.
1	2,2	2,2
2	4,5	4.4
3	6,6	6,6
4	8,8	8,8
5	11,0	11,0
6	12,0	13.2
7	14,8	15,4
8	16,8	17,6
9	19,8	19,8
10	22,0	22,0
11	24,0	24,2
12	25,4	26,4
13	29,0	28,6
14	30,2	30,8
15	33,5	33,0

Эта таблица доказываетъ справедливость предположенія, что если употребляются незначительныя количества газа, то поглощеніе въ такомъ случаѣ пропорціонально плотности.— Но посмотримъ каково разрѣженіе газа, надъ которымъ мы производили опыты. Объемъ экспериментальнаго цилиндра равняется 280 кубическимъ дюймамъ. Вообразимъ, что $^1/_{50}$ кубическаго дюйма газа распространяется въ этомъ пространствѣ, и мы будемъ имѣть среду, черезъ которую проходили лучи теплоты въ нашемъ первомъ опытѣ. Эта среда имѣетъ упругость, не превышающую $^1/_{11000}$ упругости атмосферы. Газъ такой упругости, будучи заключенъ въ колоколъ воздушнаго насоса, понизилъ-бы ртутный столбъ манометра не больше, какъ $^1/_{367}$ часть англійскаго дюйма. Не смотря на это однако, его дѣйствіе на лучи теплоты вполнѣ доступно для измѣренія. Какъ ни поразительна способность поглощенія маслороднаго газа, но онъ въ этомъ отношеніи уступаетъ различнымъ парамъ, къ иследованію которыхъ мы и перейдемъ теперь.

Возьмемъ склянку *G* (фиг. 90), которая соединяется, помощію трубки съ краномъ, съ экспериментальнымъ цилиндромъ. Въ эту склянку нальемъ немного сѣрнаго эѳира, пары котораго выгонятъ весь воздухъ въ ней заключающійся. Изъ экспериментальнаго цилиндра воздухъ вытянутъ и стрѣлка стоитъ на нулѣ.

Фиг. 90.

Теперь впустимъ въ цилиндръ пары, заключающіеся въ склянкѣ. Когда ртуть манометра понизится на 1 дюймъ, мы прекратимъ дальнѣйшее вхожденіе паровъ. Въ моментъ вхожденія паровъ стрѣлка начинаетъ двигаться и останавливается на 65°. Можно удвоить количество паровъ и опредѣлить соотвѣствующее имъ поглощеніе.

Слѣдующая таблица представляетъ увеличеніе поглощенія при постепенномъ увеличеніи количества газа до четырехъ дюймовъ, и для сравненія мы приводимъ соотвѣтствующее имъ поглощеніе маслороднаго газа:

Сѣрный эѳиръ.

Упругость въ дюймахъ.	Поглощеніе.	Соотвѣтствующее поглощеніе маслороднаго газа.
1	214	90
2	282	123
3	315	142
4	330	154

При равной упругости, поглощеніе лучистой теплоты парами сѣрнаго эѳира превосходитъ поглощеніе маслороднаго газа почти въ два раза и двѣ трети. Кромѣ того здѣсь не замѣчается никакой пропорціональности между количествомъ паровъ и поглощеніемъ теплоты.

Но то, что мы сказали относительно пропорціональности между количествами маслороднаго газа и поглощаемою имъ теплотою, можно примѣнить и къ сѣрному эѳиру. Предположимъ, что количество газа, впущенное въ началѣ въ трубку, очень мало. Число поглощаемыхъ имъ лучей будетъ ничтожно, сравнительно со всѣмъ ихъ количествомъ, и, при увеличеніи количества газа до нѣкоторыхъ предѣловъ, поглощеніе будетъ дѣйствительно пропорціонально плотности газа. Чтобы убѣдиться въ дѣйствительности этого предположенія, употребляется другая часть аппарата, которая была упущена нами при общемъ описаніи. *K* представляетъ маленькую склянку съ мѣдной крышкой, къ которой придѣланъ кранъ c'; между кранами c' и c, изъ которыхъ послѣдній сообщается съ экспериментальнымъ цилиндромъ, помѣщается небольшая трубка *M*, емкость которой точно опредѣлена. Стклянка *K* наполняется небольшимъ количествомъ эѳира, пары котораго вытѣсняютъ воздухъ изъ склянки. Закрывши кранъ c' и открывши c, помощію насоса вытягиваютъ воздухъ изъ экспериментальнаго цилиндра SS' и изъ трубки *M*; потомъ закроемъ c' и откроемъ c, при чемъ *M* наполнится чистыми эѳирными парами. Закрывши кранъ c' и открывши c, мы впустимъ эти пары въ экспериментальный цилиндръ и опредѣлимъ поглощеніе теплоты въ нихъ. Потомъ впускаются снова такія же количества паровъ эѳира и замѣчаются поглощенія въ каждомъ случаѣ.

Въ слѣдующей таблицѣ за единицу мѣры количества газа принята $^1/_{100}$ кубическаго дюйма:

Сѣрный эфиръ.

Мѣра.	поглощеніе.	
	наблюдаемое.	предполагаемое.
1	5,0	4,6
2	10,3	9,2
3	19,2	18,4
4	24,5	23,0
5	29,5	27,0
6	34,5	32,2

7	34,5	32,2
8	38,0	36,8
9	44,0	41,4
10	46,2	46,2
11	50,0	50,6
12	52,8	55,2
13	55,0	59,8
14	57,2	64,4
15	59,4	69,0

Изъ таблицы видно, что между плотностію газа и поглощеніемъ теплоты соблюдается пропорціональность только въ первыхъ одинадцати случаяхъ; при дальнѣйшемъ увеличеніи плотности газа отступленіе отъ пропорціональности постоянно возрастаетъ.

Нѣтъ сомнѣнія, что для количествъ газа меньшихъ $^1/_{100}$ кубич. дюйма, законъ пропорціональности строго сохраняется. Замѣтимъ, что можно легко опредѣлить поглощеніе въ десять разъ меньшее, чѣмъ то, которое производится $^1/_{100}$ кубич. дюйма паровъ эѳира, впущенныхъ въ экспериментальный цилиндръ. Такое поглощеніе соотвѣтствовало бы $^1/_{1000}$ кубическаго дюйма паровъ. Но до вхожденія въ цилиндръ, паръ имѣлъ упругость соотвѣтствующую темперетурѣ лабораторіи, а именно упругость его равнялась 12 дюймамъ. Эту упругость, для того чтобы она равнялась упругости атмосферы, нужно умножить на 2,5. Такимъ образомъ, $^1/_{100}$ часть кубич. дюйма, впущенная въ цилиндръ, котораго емкость равняется 220 кубич. дюймамъ, имѣлъ бы упругость: $^1/_{220} \times {}^1/_{2,5} \times {}^1/_{1000} = {}^1/_{500000}$ упругости атмосферы.

Изъ этихъ опытовъ съ эѳиромъ и маслороднымъ газомъ, можно вывести, что газообразныя тѣла препятствуютъ прохожденію лучистой теплоты. Промежуточныя пространства между частицами этихъ газовъ не даютъ свободнаго прохода эѳирнымъ колебаніямъ, и не только при давленіи одной атмосферы, но давленіе или плотность газовъ могутъ быть уменьшены весьма значительно, и, не смотря на это, они не пропускаютъ сквозь себя эѳирныхъ колебаній. Вѣроятно есть что то особенное въ строеніи частицъ, изъ которыхъ состоятъ газы, и эта особенность дѣлаетъ ихъ способными къ уничтоженію волнъ теплоты. Впрочемъ это уничтоженіе есть только кажущееся: абсолютной потери движенія не существуетъ. Черезъ сухой воздухъ лучистая теплота проходитъ, не возвышая чувствительно его температуры; черезъ масло-

родный газъ и пары она не можетъ проходить такъ свободно. Но каждая волна лучистой теплоты, поглощенная газомъ производитъ въ тѣлѣ, которое ее поглощаетъ, эквивалентное ей движеніе и возвышаетъ его температуру. Слѣдовательно здѣсь движеніе не уничтожается, а передается. Можно повторить опыты надъ парами всѣхъ летучихъ жидкостей и убѣдиться въ томъ, что всѣ они поглощаютъ теплоту въ большомъ количествѣ.

Прежде нежели измѣнимъ источникъ теплоты, который до сихъ поръ употреблялся, мы намѣрены обратить вниманіе на дѣйствіе нѣкоторыхъ постоянныхъ газовъ на лучистую теплоту. Количество газовъ, вводимыхъ въ экспериментальную трубку, опредѣляется помощію манометра воздушнаго насоса. Слѣдующая таблица показываетъ поглощенія теплоты окисью угля при различныхъ упругостяхъ, при чемъ за единицу поглощенія принимается дѣйствіе воздуха при упругости одной атмосферы, поглощеніе котораго производитъ, какъ извѣстно, отклоненіе на 1°:

Окись угля.

Упругость въ дюймахъ.	поглощеніе.	
	наблюдаемое.	вычисленное.
0,5	2,5	2,5
1,0	5,6	5,0
1,5	8,0	7,5
2,0	10,0	10,0
2,5	12,0	12,5
3,0	15,0	15,0
3,5	17,5	17,5

Какъ и въ прежнихъ случаяхъ, третій столбецъ содержитъ числа, вычисленыя на томъ предположеніи, что поглощеніе пропорціонально плотности газа. И въ самомъ дѣлѣ на первыхъ семи наблюденіяхъ, изъ которыхъ послѣднее соотвѣтствуетъ упругости газа въ 3,5 дюйма, наше предположеніе подтверждается. Но при большихъ количествахъ газа эта пропорціональность не соблюдается; если вмѣсто полъ дюйма взять за единицу упругость 5 д., то получимъ слѣдующіе результаты:

Упругость въ дюймахъ.	Поглощеніе.	
	Наблюдаемое.	вычисленное.
5	18	18
10	32,5	36
15	45	54

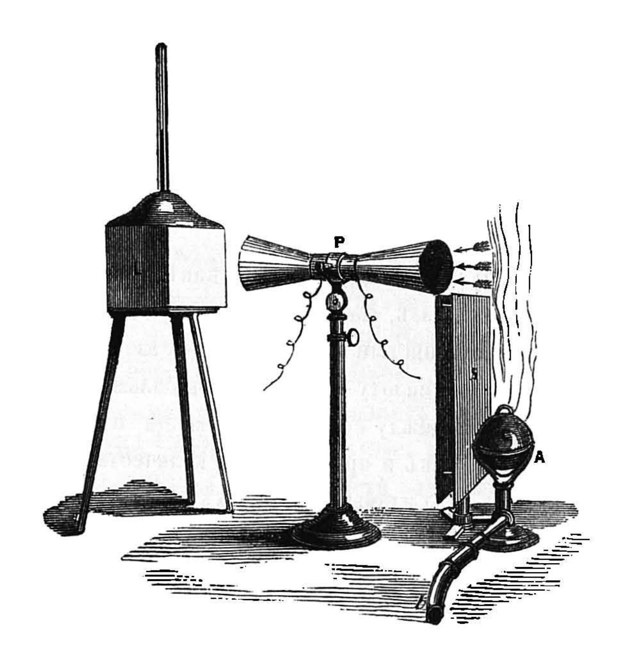
Слѣдовательно результаты, получаемые, какъ при окиси углерода, такъ и при маслородномъ газѣ, совершенно сходны между собою. Кромѣ того угольная кислота, сѣрнистый водородъ, окись азота, и другіе газы, хотя всѣ они поглощаютъ теплоту различно и въ большемъ количествѣ, чѣмъ окись угля, сходны между собою по отношеніи къ лучистой теплотѣ, какъ при малыхъ, такъ и при большихъ количествахъ газа.

И такъ мы видимъ, что атомы нѣкоторыхъ газовъ почти совершенно неспособны принимать движеніе эѳирныхъ волнъ. Атомы ихъ остаются въ покоѣ, въ то время, какъ между ними совершаются колебанія эѳира. Атомы же другихъ газовъ, когда между ними совершаются подобныя колебанія, поглощаютъ, такъ сказать, ихъ и сами начинаютъ колебаться. Мы намѣрены разсмотрѣть, какія именно изъ газообразныхъ тѣлъ отличаются способностью поглощать лучи теплоты и изслѣдовать, не способны ли атомы и молекули, которые поглощаютъ въ различной степени движенія эѳирныхъ волнъ, сообщать въ свою очередь такія же движенія эѳиру въ такой-же степени, какъ они поглощаютъ ихъ; проще, изучивши способности поглощенія нѣкоторыхъ газовъ, мы хотимъ теперь изслѣдовать ихъ способности испускать теплоту.

Вотъ приборъ, помощію котораго можно разрѣшить этотъ вопросъ.

До сихъ поръ думали, что газы неспособны испускать лучи теплоты. *P* (фиг. 91) представляетъ термоэлектрической столбикъ съ двумя коническими рефлекторами; *S*—двойной экранъ изъ полированной жести; *A* аргандовый рожекъ, состоящій изъ двухъ концентрическихъ колецъ съ маленькими отверстіями; *C* — мѣдный шаръ, который во время опыта, накаляется до красна. Трубка *tt* подводитъ испытываемый газъ изъ газометра къ рожку. Когда мы помѣстимъ раскаленный шаръ *C* между кольцами рожка *A*, то онъ нагрѣваетъ прикасающійся къ нему воздухъ, который теплымъ столбомъ поднимается вверхъ и дѣйствуетъ на термоэлектрическій столбикъ. Чтобы нейтрализировать это дѣйствіе, на противоположной сторонѣ столбика помѣщается большой кубъ Лесли

Фиг. 91.



L, наполненный водой, температура который немного выше температуры окружающаго ее воздуха.

Приведя стрѣлку гальванометра на нуль, пускаютъ газъ черезъ отверстіе рожка; прикасаясь къ нагрѣтому шару *C*, газъ нагрѣвается и образуетъ теплый потокъ, проходящій около рефлектора, противъ обращенной къ нему стороны столба; этотъ нагрѣтый газъ испускаетъ лучи, изъ которыхъ иные падаютъ на столбъ, и наблюдаемое при этомъ отклоненіе гальванометрической стрѣлки показываетъ намъ напряженность лучеиспусканія.

Второй столбецъ прилагаемой здѣсь таблицы представляетъ результаты опытовъ; въ немъ показаны крайнія отклоненія стрѣлки отъ дѣйствія лучей, испускаемыхъ нагрѣтымъ газомъ.

	Лучеиспусканіе.	Поглощеніе.
Воздухъ	0	0,2
Кислородъ.	0	0,2
Азотъ	0	0,2
Водородъ	0	0,2
Окись угля .	12	18,0

Угольн. кислота	18	25,0
Окись азота	29	44,0
Маслород. газъ	53	61,0

Для сравненія лучеспуканія съ поглощеніемъ, мы помѣстили въ третьемъ столбцѣ отклоненія, производимыя поглощеніемъ теплоты этими же самыми газами, при упругости равной 5 дюймамъ. Мы видимъ, что испусканіе лучистой теплоты и поглощеніе ея идутъ рука объ руку; что частицы, задерживающія теплые лучи оказываются способными къ образованію такихъ-же лучей. Короче, въ газахъ способности воспринимать движеніе отъ эѳира и сообщать ему движеніе имѣютъ между собою тѣснѣйшее отношеніе.

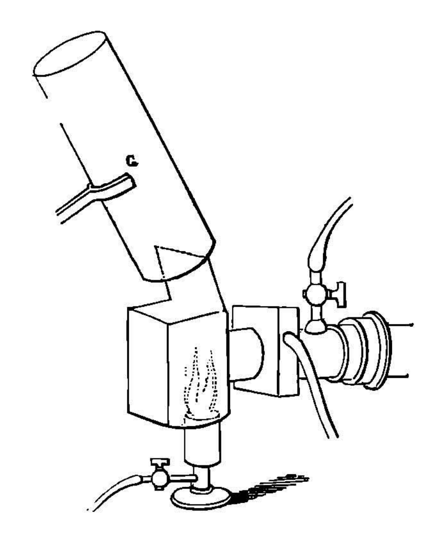
Слѣдуетъ замѣтить, что здѣсь мы не можемъ сказать, чтобы сцѣпленіе между частицами имѣло вліяніе на результаты.

Въ жидкихъ и твердыхъ тѣлахъ частицы болѣе или менѣе связаны между собою и на нихъ нельзя смотрѣть какъ на индивидуально свободныя. Такъ напр. разница между квасцами и каменною солью въ способностяхъ испусканія и поглощенія теплоты, можно положительно сказать, зависитъ отъ особенности соединенія частицъ, которыя связываются между собою силою кристаллизаціи. Но разницу между маслороднымъ газомъ и атмосфернымъ воздухомъ нельзя объяснить такимъ образомъ; здѣсь разница зависитъ отъ отдѣльныхъ частицъ этихъ веществъ, и наши опыты надъ газами и парами позволяютъ намъ глубже изслѣдовать вопросъ о строеніи тѣлъ, что было невозможно, пока мы разсматривали жидкія и твердыя тѣла.

Есть еще нѣсколько результатовъ, добытыхъ помощью другаго прибора, и которые еще лучше характеризируютъ разматриваемый нами предметъ. Второй приборъ, о которомъ я только что упомянулъ, въ сущности весьма сходенъ съ прежнимъ; въ немъ сдѣланы только два существенныя измѣненія: первое состоитъ въ томъ, что вмѣсто куба съ водою, который былъ употребляемъ, какъ источникъ теплоты, здѣсь употребляется мѣдная пластинка, нагрѣваемая постоянно небольшимъ пламенемъ Бунзеновой лампы; эта мѣдная пластинка образуетъ заднюю часть преддверія, изъ котораго можно по прежнему вытягивать воздухъ; фиг. 92 представляетъ этотъ приборъ, къ которому прибавлена труба *G*. Второе измѣненіе состоитъ въ замѣненіи мѣдной трубы SS (фиг. 98 *a*) стеклянною такого-же діаметра и въ 2 фута 8 дюймовъ длиною.

Всѣ остальныя части прибора остаются безъ измѣненія; газы вво-

Фиг. 92.



дятся въ экспериментальный цилиндръ также, какъ и прежде, и о поглощеніи ими теплоты судятъ по отклоненіямъ стрѣлки гальванометра, которыя замѣчаются при вхожденіи газа.

Слѣдующая таблица представляетъ относительныя величины поглощенія теплоты различными газами при упругости одной атмосферы:

Имена.	Поглощеніе при упругости въ 30 дюймовъ.
Воздухъ	1
Кислородъ	1
Азотъ	1
Водородъ	1
Хлоръ	39
Хлористо-водородная кислота	62
Окись углерода	90
Углекислота	90
Окись азота	355
Сѣрнистый водородъ	390
Болотный газъ	403
Сѣрнистая кислота	710
Маслородный газъ	970
Аммоній	1195

Не смотря на все стараніе отыскать разницу между способностями поглощенія кислорода, азота, водорода и воздуха, мнѣ не удалось достигнуть этого. Способности поглощенія этихъ веществъ чрезвычайно малы и вѣроятно даже еще меньше, чѣмъ здѣсь показано. Чѣмъ совершеннѣе эти газы очищены, тѣмъ меньше они поглощаютъ теплоты, тѣмъ болѣе приближаются они къ пустому пространству по отношенію своему къ лучистой теплотѣ. И кто можетъ утверждать, чтобы высушивающій приборъ былъ совершененъ. Сѣрная кислота, какъ бы она ни была хорошо очищена, можетъ примѣшивать весьма малыя количества паровъ къ проходящимъ черезъ нее газамъ, и такимъ образомъ опытъ покажетъ что газы эти обладаютъ большими способностями поглощенія, чѣмъ они имѣютъ на самомъ дѣлѣ. Краны, которые смазываются во время наблюденій, могутъ также хоть въ весьма малой степени увеличивать нечистоту воздуха, проходящаго черезъ нихъ.

Весьма вѣроятно, что чѣмъ совершеннѣе будутъ очищены самые слабо поглощающіе газы, тѣмъ больше будетъ разность между способностями поглощенія различныхъ газовъ. Амміакъ, при давленіи одной атмосферы поглощаетъ въ 1195 разъ больше теплоты, чѣмъ воздухъ, если поставить металлическій экранъ между термоэлектрическимъ столбикомъ и экспериментальнымъ цилиндромъ, когда послѣдній наполненъ аммiакомъ, то стрѣлка подвинется такъ мало, что движеніе ея едва можетъ быть замѣчено. Это показываетъ, что аммiакъ, который также прозраченъ для свѣта, какъ и воздухъ, настолько прозраченъ для лучистой теплоты, испускаемой употребляемымъ въ этомъ опытѣ источникомъ, что прибавленіе металлической пластинки едва увеличиваетъ его непрозрачность. Но мы имѣемъ основаніе думать, что эта пластинка нисколько не увеличиваетъ его атермансіи, то есть непрозрачности для теплоты, и что этотъ прозрачный для свѣта газъ, настолько-же непрозраченъ для лучей теплоты какъ чернила, смола, или другое непрозрачное вещество непрозрачно для свѣта Кислородъ, азотъ, водородъ и воздухъ, при давленіи всей атмосферы, такъ мало поглощаютъ теплоту, что попытка опредѣлить ихъ дѣйствіе при меньшихъ давленіяхъ была бы совершенно тщетная.

Но еслибы можно было достигнуть этого опредѣленія, то различіе между ними и другими газами оказалось бы гораздо значительнѣе, чѣмъ то показано въ послѣдней таблицѣ; изъ опытовъ надъ сильно поглощающими газами, мы знаемъ, что лучи теплоты гораздо сильнѣе поглощаются тѣми количествами газа, которыя прежде впускаются въ

экспериментальный цилиндръ, между тѣмъ какъ впускаемыя потомъ во многихъ случаяхъ оказываютъ самое слабое дѣйствіе. Слѣдовательно, если бы, вмѣсто того что-бы сравнивать газы при давленіи одной атмосферы, мы бы сдѣлали сравненіе при упругости равной одному дюйму, то разумѣется разность между наименѣе и наиболѣе поглощающими газами была бы еще больше.

Намъ уже извѣстно, что, при малыхъ упругостяхъ, количества поглощаемой теплоты пропорціональны упругостямъ или количествамъ даннаго газа. Предположимъ, что тоже самое справедливо для воздуха другихъ слабо поглощающихъ газовъ, и что поглощеніе ихъ при упругости равной одному дюйму будетъ составлять $^1/_{30}$ поглощенія при упругости равной 30 дюймамъ; мы получимъ относительныя величины поглощеній для различныхъ газовъ, показанныя въ слѣдующей таблицѣ, гдѣ, за исключеніемъ первыхъ четырехъ случаевъ, поглощенія всѣхъ остальныхъ газовъ при упругости, равной одному дюйму, выведены непосредственно изъ опыта.

Названія.	Поглощеніе при упругости, равной 1 дюйму.
Воздухъ	1
Кислородъ	1
Водородъ .	1
Азотъ	1
Хлоръ	60
Бромъ	160
Окись углерода	750
Бромисто-водородная кислота	1005
Окись азота	1590
Азотистая окись	1860
Сѣрнистый водородъ	2100
Амміакъ	7260
Маслородный газъ	7950
Сѣрная кислота	8800

Полученные результаты показываютъ, что частицы газовъ, по своему строенію и свойствамъ, чрезвычайно отличаются одни отъ другихъ. На каждый отдѣльный лучь, поглощаемый воздухомъ, кислородомъ, водородомъ и азотомъ,—амміакъ поглощаетъ 7,260 лучей, маслородный газъ 7,950 л. и сѣрнистая кислота 8,800 лучей. Обладая такими дан-

ными, мы можемъ смѣло бросить взглядъ на самые атомы и, помощью разсужденія, открыть физическія свойства, отъ которыхъ зависитъ это громадное различіе между ними по отношенію къ лучистой теплотѣ. Эти атомы суть частицы матеріи, плавающія въ упругой средѣ, отъ которой они могутъ воспринимать движеніе и въ свою очередь могутъ сообщать ей движеніе. Трудно сказать, насколько вѣроятно предположеніе, что лучистая теплота сдѣлается такимъ чувствительнымъ щупальцемъ атомистическаго строенія, чтобы, по дѣйствію на нее атомовъ различныхъ тѣлъ, можно было заключить о строеніи и свойствахъ конечныхъ частицъ вещества. Но неужели и теперь мы не имѣемъ еще нѣкотораго понятія о свойствахъ атомовъ, необходимыхъ для того, чтобы тѣло, состоящее изъ нихъ, хорошо поглощало теплоту? Припомнимъ наши опыты надъ золотомъ, серебромъ и мѣдью: вы помните какъ слабы у нихъ способности испускать и поглощать лучистую теплоту. Мы нагрѣвали ихъ помощью кипящей воды, которая прикасалась къ нимъ, то есть мы сообщали атомамъ движеніе ихъ, которое потомъ весьма медленно сообщалось эѳиру, окружающему ихъ; что атомы эти движутся въ эѳирѣ почти безъ сопротивленія, можно видѣть изъ продолжительности времени, потребнаго для охлажденія этихъ тѣлъ въ пустомъ пространствѣ. Но мы видѣли, что когда движеніе, которымъ обладаютъ эти тѣла и которое они не способны передать эѳиру, сообщается прикасающейся къ нимъ голландской сажѣ, фланели или же бархату, то отъ этихъ послѣднихъ оно быстро передается эѳиру. Тоже самое относится и къ стеклу и глинѣ.

Въ чемъ-же состоитъ различіе между хорошо испускающими и дурно испускающими теплоту веществами? Отличіе весьма существенное: металлы *простыя* (въ химическомъ смыслѣ) тѣла, хорошіе-же лучеиспускатели—тѣла *сложныя*. Въ первыхъ атомы колеблются отдѣльно, во вторыхъ—цѣлыми группами, какъ напримѣръ въ голландской сажѣ, бархатѣ, глинѣ, стеклѣ и пр. Тоже самое замѣчается и остальныхъ тѣлахъ, какъ-бы они ни были отличны отъ металловъ. Кислородъ, водородъ и азотъ — элементы, воздухъ — смѣсь элементовъ, и потому ихъ способности лучеиспусканія и поглощенія теплоты весьма слабы. Колебанія ихъ совершаются почти безъ всякой потери движущей силы, они относятся къ сложнымъ газамъ точно также, какъ гладкій цилиндръ, вертящійся въ водѣ, относится къ колесу съ лопатками.

Мы можемъ распространить наши заключенія. Нельзя не удивляться положенію, занимаемому хлоромъ и бромомъ въ послѣдней таблицѣ.

Первый принадлежитъ къ наиболѣе плотнымъ и цвѣтнымъ газамъ, пары втораго также густо окрашены; не смотря на это, они своей теплопрозрачностью превосходятъ всѣ другіе прозрачные, но сложные газы. При соединеніи этихъ двухъ веществъ съ водородомъ, происходятъ прозрачныя сложныя тѣла; но это соединеніе, увеличивая прозрачность тѣла для свѣта, увеличиваетъ непрозрачность ихъ для теплоты. Дѣйствительно хлористо и бромисто-водородныя кислоты поглощаютъ теплоту болѣе чѣмъ хлоръ и бромъ.

Возьмемъ бромъ въ жидкомъ состояніи и нальемъ въ склянку такое количество этой жидкости, чтобы сквозь нее нельзя было видѣть пламени лампы или свѣчи. Поставимъ свѣчу прямо противъ склянки, — а позади ея термоэлектрическій столбъ; быстрое движеніе стрѣлки покажетъ намъ прохожденіе лучистой теплоты сквозь бромъ; здѣсь проходятъ только темные лучи, испускаемые свѣчкой, потому что свѣтъ нисколько не проходитъ. Удалимъ теперь свѣчку, и поставимъ на ея мѣстѣ мѣдный шаръ, раскаленный несовсемъ до красна; тотчасъ замѣтимъ отклоненіе стрѣлки, чѣмъ доказывается прозрачность брома для теплоты, испускаемое шаромъ. Нельзя употреблять іодъ въ твердомъ состояніи; но распустивъ его въ двусѣрнистомъ углеродѣ, мы получимъ плотную, густо-окрашенную жидкость, которая не пропускаетъ свѣта электрической лампы.

Но если помѣстить термоэлектрическій столбъ на направленіи лучей, то по движенію стрѣлки можно будетъ заключить о значительномъ количествѣ пропущенныхъ темною жидкостью лучей темной теплоты. Мнѣ кажется, нельзя болѣе сомнѣваться въ дѣйствительности факта, что отдѣльные атомы свободно совершаютъ колебанія въ эѳирѣ, между тѣмъ какъ соединяясь въ группы, они сообщаютъ ему колебанія. Такимъ образомъ составляя сложныя молекули, они сообщаютъ эѳиру такое количество движенія, котораго они ни въ какомъ случаѣ не могли бы сообщить ему, оставаясь несоединенными между собою

Но, скажете вы, голландская сажа, будути простымъ веществомъ, есть вмѣстѣ съ тѣмъ одно изъ лучше поглощающихъ и испускающихъ теплоту тѣлъ въ природѣ. Но голландская сажа обыкновенно находится въ нечистомъ состояніи; въ ней заключаются въ сгущенномъ состояніи различные углеводороды, которые обладаютъ въ высшей степени способностями поглощенія и испусканія теплоты. Слѣдовательно, на голландскую сажу нельзя смотрѣть какъ на химически чистое тѣло.

Мнѣ впрочемъ удалось очистить сажу отъ различныхъ углеводородовъ, раскаливши ее до красна и пропуская черезъ нее хлоръ; но и послѣ этого ея способности поглощенія и пропусканія лучистой теплоты остались прежнія. Чтоже такое на самомъ дѣлѣ голландская сажа? Химикъ отвѣтитъ намъ, что она есть аллотропическое состояніе алмаза, и дѣйствительно алмазъ превращается сильнѣйшимъ жаромъ въ уголь.

Это аллотропическое состояніе зависитъ, какъ объясняютъ, отъ различія въ расположеніи частицъ тѣла; отсюда становится понятнымъ, что расположеніе частицъ, производящее столь рѣзкое различіе въ физическихъ свойствахъ алмаза и голландской сажи, можетъ состоять въ группированіи атомовъ, вслѣдствіе котораго тѣло дѣйствуетъ на лучистую теплоту такъ, какъ бы оно было сложное. Подобное строеніе простаго тѣла, хотя и исключительное, совершенно правдоподобно, и я подвергну это мнѣніе опытамъ надъ аллотропическимъ состояніемъ кислорода, который, въ обыкновенномъ состояніи, дѣйствовалъ очень слабо на лучистую теплоту.

Но въ сущности голландская сажа, далеко не такъ непрозрачна для лучей теплоты, какъ это вообще предполагаютъ. Меллони доказывалъ, что она теплопрозрачна въ очень значительной степени, и я покажу вамъ опытъ, который вполнѣ подтверждаетъ его наблюденіе. Для этого возмемъ пластинку изъ каменной соли и закоптимъ ее довольно сильно надъ лампой, такъ чтобы она не пропускала даже очень сильнаго свѣта. Между такимъ образомъ приготовленной пластинкой и сосудомъ съ кипящею водою, служащимъ источникомъ теплоты, поставимъ экранъ, а по другую сторону пластинки помѣстимъ термоэлектрическій столбъ, стрѣлка котораго теперь находится на нулѣ. Когда мы удалимъ экранъ, стрѣлка мгновенно отклонится на 52 градуса.

Теперь я стираю сажу съ пластинки и пропускаю лучи сквозь чистую пластинку, — отклоненіе доходитъ до 71°. Отклоненіе на 56°, выраженное въ прежде употребляемой единицѣ, будетъ равняться 90, между тѣмъ какъ отклоненіе въ 71° приблизительно равняется 300, слѣдовательно прозрачность сажи и каменной соли для теплоты относится къ прозрачности одной каменной соли, какъ

90 300
или 30 100

то есть 30 со 100 упавшихъ лучей теплоты прошло сквозь слой сажи. Мы показали дѣйствіе газовъ на лучистую теплоту; теперь-же скажемъ

еще нѣсколько словъ относительно паровъ. Возьмемъ нѣсколько склянокъ съ мѣдными крышками, въ которыя вдѣланы краны; въ каждую изъ нихъ, нальемъ немного летучей жидкости. Изъ каждой склянки, посредствомъ воздушнаго насоса, удалимъ воздухъ, и не только тотъ, который находится надъ жидкостью, но и въ самой жидкости; послѣднiй выдѣляется въ видѣ пузырей по мѣрѣ того, какъ воздухъ вытягивается изъ склянки. Затѣмъ привинчиваемъ попеременно склянки къ экспериментальному цилиндру и впускаемъ въ него пары, стараясь избѣгнуть при этомъ кипѣнiя жидкостей. При этомъ ртутный столбъ манометра понижается, и какъ только газъ въ трубкѣ достигнетъ извѣстной упругости, мы тотчасъ остановимъ притокъ паровъ. Такимъ образомъ были изслѣдованы пары различныхъ веществъ, приведенныхъ въ слѣдующей таблицѣ, при упругостяхъ 0,1;0,5 и 1 дюйма.

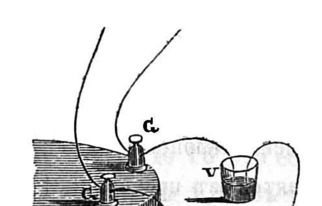
Названiя.	Поглощенiе паровъ при упругостяхъ.		
	0,1 д.	0,5 д.	1,0 д.
Двусѣрнистый углеродъ	15	47	62
Iодистый метилъ	147	147	242
Бензоилъ	66	182	267
Метиловый спиртъ	109	390	590
Амиленъ	182	535	823
Сѣрный эѳиръ	300	710	870
Алькоголь	325	622	—
Муравьиный эѳиръ	480	870	1075
Уксусный эѳиръ	590	980	1195
Пропiоновый эѳиръ	596	970	—
Борный эѳиръ	620	—	—

Здѣсь за единицу поглощенiя принято поглощенiе сухаго воздуха при давленiи одной атмосферы, то есть пары двусѣрнистаго углерода при упругости равной $^1/_{10}$ дюйма будутъ дѣйствовать въ 15 разъ сильнѣе, чѣмъ воздухъ при давленiи одной атмосферы; между тѣмъ какъ пары борнаго эфира, при той же упругости, производятъ въ 626 разъ большее дѣйствiе, чѣмъ воздухъ при давленiи одной атмосферы. Сравнивъ воздухъ, при давленiи въ 0,1 дюйма съ борнымъ эфиромъ, при такомъ-же давленiи, увидимъ, что теплота поглощается послѣднимъ навѣрное въ 180,000 разъ больше чѣмъ первымъ.

ПРИБАВЛЕНІЕ КЪ 10-Й ЛЕКЦІИ.

Здѣсь мы приводимъ способъ раздѣленія гальванометра на градусы, рекомендуемый Меллони, какъ одинъ изъ лучшихъ по своей простотѣ, скорости и по точности получаемыхъ посредствомъ его результатовъ. Изложеніе этаго метода было помѣщено въ «La Thermochrose» стр. 59, откуда мы и заимствуемъ слѣдующее:

Фиг. 93.



Берется два небольшихъ сосуда VV, (фиг.93), наполненные до половины ртутью; сосуды порознь соединяются двумя проволоками GG съ концами проволокъ гальванометра.

Такимъ образомъ расположенные сосуды и проволоки не производятъ никакого измѣненія въ дѣйствіи прибора; термо-электрическій токъ свободно проходитъ отъ столба къ гальванометру. Если же, посредствомъ проволоки F, соединимъ оба сосуда, то часть тока будетъ проходить черезъ проволоку и возвращаться къ термо-электрическому столбу; — вслѣдствіе этого количество циркулирующаго въ гальванометрѣ электричества уменьшится, а вмѣстѣ съ этимъ уменьшится и отклоненіе стрѣлки.

Предположимъ, что вслѣдствіе этого отклоненіе стрѣлки уменьшится въ четыре или пять разъ, то есть что стрѣлка, которая подъ вліяніемъ постояннаго источника теплоты, находящагося на извѣстномъ разстояніи отъ столбика, стояла на 10-ти или 12°, при отведеніи части тока въ проволоку F, отклоняется только на 2 или на 3 градуса.

Помѣщая источникъ теплоты на различныхъ разстояніяхъ отъ столбика, и наблюдая въ каждомъ случаѣ какъ цѣлое, такъ и уменьшенное при отведеніи части тока отклоненіе мы получимъ такимъ образомъ необходимыя данныя, помощью которыхъ можно опредѣлить отношеніе отклоненій стрѣлки къ силамъ производящимъ эго отклоненіе.

Для большей ясности я возьму примѣръ. Удаливши проволоку, соединяющую два сосуда, мы подѣйствуемъ на столбъ источникомъ теплоты на столько, чтобы стрѣлка отклонилась на 5°; потомъ соединимъ

оба сосуда посредствомъ проволоки; стрѣлка при этомъ отклонится всего на 1°,5. Прервавши снова соединеніе между сосудами, будемъ последовательно приближать источникъ теплоты на столько, чтобы получить слѣдующія послѣдовательныя отклоненія:

5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°

Соединяя сосуды V и V' посредствомъ проволоки, мы будемъ послѣдовательно получать слѣдующія отклоненія:

1°,5; 3°; 4°, 5; 6°, 3; 8°, 4; 11°, 2; 15°, 3; 22°, 4; 29°, 7.

Предположивши, что сила, которая необходима для увеличенія отклоненія стрѣлки на одинъ градусъ, когда стрѣлка не удалена отъ 0°, равняется единицѣ, то число 5 будетъ выраженіемъ силы, произведшей отклоненіе на 5°; выраженія же для другихъ силъ легко опредѣлятся изъ пропорціи 1, 5 : 5 $=a:x$, откуда $x=\frac{5}{1,5}\cdot a=3,333a$, гдѣ a означаетъ силу, произведшую отклоненіе въ то время, когда вслѣдствіе соединенія сосудовъ VV, часть тока отведена въ сторону, а x означаетъ силу, произведшую все отклоненіе. Такимъ образомъ числа:

5; 10; 15, 2; 21; 28; 37, 3,

будутъ выражать силы, произведшія отклоненія:

5°; 10°; 15°; 20°; 25°; 30°.

Слѣдовательно, въ разсматриваемомъ нами случаѣ, пропорціональность между силами и отклоненіемъ сохраняется почти до 15°. При большихъ отклоненіяхъ пропорціональность исчезаетъ, по мѣрѣ увеличенія дугъ. Силы же, соотвѣтствующія промежуточнымъ отклоненіямъ, очень легко опредѣляются посредствомъ вычисленія, или посредствомъ графическаго построенія; послѣдній пріемъ, впрочемъ, менѣе удобенъ.

Такимъ образомъ мы находимъ, что различнымъ отклоненіямъ соотвѣтствуютъ слѣдующія силы:

Отклоненія на	13°	14° ;	15° ;	16° ;	17° ;	18° ;	19° ;	20°	21° ;
Силы	13	14,1;	15,2;	16,3;	17,4;	18,6;	19,8;	21	22,3;
Разница .	0	0,1;	0,2;	0,3;	0,4;	0,6;	0,8;	1 ;	1,3;
Градусы .	22° ;	23° ;	24° ;	25°	26° ;	27° ;	28° ;	29° ;	30° ;
Силы	23,5;	24,9;	26,4;	28 ,	29,7;	31,5;	33,4;	35,5;	37,3;
Разница . .	1,5;	1,9;	2,4;	3 ;	3,7;	4,5;	5,4;	6,3;	7,3:

Въ этой таблицѣ мы не брали въ расчетъ первыхъ 12 градусовъ, потому что сила, соотвѣтствующая каждому градусу, и величина отклоненія совершенно равны между собою. Зная силы, соотвѣтствующія отклоненіямъ на первые 30 градусовъ, не трудно уже опредѣлить величину силъ, соотвѣтствующихъ отклоненіямъ на 35, 40, 45 и большее число градусовъ.

При уменьшеніи, помощью соединенія сосудовъ *VV*, силы токовъ, производящихъ отклоненія на 35, 40 и 45°, получаются отклоненія:

$$15^0,\ 3;\ 12^0,\ 4;\ 29^0,\ 7.$$

Разсмотримъ ихъ въ отдѣльности, начиная съ перваго: отклоненію на 15 , согласно нашему вычисленію, соотвѣтствуетъ сила 15,2. Но намъ нужно знать силу, соотвѣтствующую отклоненію на 15°,3. Для этого замѣтимъ, что когда отклоненіе измѣняется отъ 15 до 16°, то есть на 1°, сила измѣняется отъ 15°, 2 до 16°, 3, то есть на 1,1; въ такомъ случаѣ измѣненіе силы при измѣненіи отклоненія на 0°, 3 получится изъ пропорціи:

$$1\quad 1{,}1 = 0{,}3 : x \text{ откуда } x = 0{,}3.$$

Слѣдовательно величина силы, соотвѣтствующей уменьшенному отклоненію 15,3 будетъ не 15°,3; а 15°2 + 0° 3 = 15°,5; подобнымъ образомъ находимъ что отклоненіямъ на 22°,4; 29°,7 соотвѣствуютъ силы 24°,1; 36°,7.

Теперь остается еще вычислить силы, соотвѣтствующія цѣлымъ отклоненіямъ на 35, 40 и 45°; мы получимъ ихъ изъ формулы $x = 3,$ $333\ a$, отклоненіямъ 35, 40, 45
соотвѣтствуютъ: 51,7, 80,3; 122,3

Сравнивъ эти числа, съ числами предыдущей таблицы, мы увидимъ что чувствительность нашего гальванометра, значительно уменьшается, когда отклоненія стрѣлки болѣе 30°.

ЛЕКЦІЯ XI.

Дѣйствіе пахучихъ веществъ на лучистую теплоту. Дѣйствіе озона на лучистую теплоту.—Опредѣленіе способностей испусканія и поглощенія лучистой теплоты у газообразныхъ тѣлъ и паровъ, не употребляя при этомъ внѣшнихъ источниковъ теплоты.—Динамическое испусканіе и поглощеніе лучистой теплоты. — Прохожденіе лучей черезъ земную атмосферу.—Вліяніе присутствія въ атмосферѣ водяныхъ паровъ на лучистую теплоту. — Зависимость между метеорологическими явленіями и способностями водяныхъ паровъ поглощать и испускать теплоту.

Долгое время благоуханіе и міазмы занимали умы наблюдательныхъ людей и составляли ходячій примѣръ «дѣлимости матеріи.» Но ниодному химику не удалось измѣрить запахъ различныхъ пахучихъ веществъ. Лучистая теплота представляетъ намъ одинъ изъ самыхъ совершенныхъ инструментовъ для подобныхъ измѣреній, и съ нею нельзя даже и сравнивать самые точные вѣсы. Никто не удивится, помня результаты, изложенные въ предыдущей лекціи, если мы скажемъ, что весьма небольшое количество какого нибудь летучаго вещества, примѣшавшись къ воздуху комнаты, произвело бы несравненно большее дѣйствіе на лучистую теплоту, чѣмъ все количество кислорода и азота, наполняющее комнату. Разсмотримъ нѣкоторыя изъ пахучихъ веществъ, и попытаемся дознать на опытѣ, не оказываютъ ли малѣйшія примѣси ихъ къ воздуху замѣтнаго вліянія на прохожденіе лучистой теплоты. Возьмемъ для этого нѣсколько небольшихъ и одинаковой величины квадратовъ пропускной бумаги и свернемъ ихъ въ маленькія трубки, каждая около двухъ дюймовъ длины; потомъ такую трубку погрузимъ однимъ концомъ въ какое нибудь ароматическое масло. Вслѣд-

ствіе капилярности масло будетъ просачиваться сквозь бумагу, такъ что трубки на всей длинѣ пропитаются масломъ. Вложимъ потомъ эту бумажку въ стеклянную трубку, діаметръ которой былъ бы такой величины, чтобы она нисколько не сжалась, и помѣстимъ ее между нашимъ сушильнымъ аппаратомъ и экспериментальнымъ цилиндромъ, изъ котораго предварительно вытягивается воздухъ; стрѣлка теперь стоитъ на нулѣ. Откроемъ кранъ и пропустимъ сухой воздухъ, который пройдетъ черезъ складки бумажной трубки, смоченной ароматическимъ масломъ, пріобрѣтетъ его запахъ и войдетъ вмѣстѣ съ нимъ въ экспериментальный цилипръ. Намъ извѣстно, что поглощеніе сухаго воздуха при упругости одной атмосферы производитъ отклоненіе на одинъ градусъ; слѣдовательно, еслибы въ этомъ опытѣ оказалось большое отклоненіе, то это произошло бы не иначе, какъ вслѣдствіе поглощенія лучистой теплоты пахучимъ веществомъ.

Слѣдующая таблица показываетъ способности поглощенія упомянутыхъ въ ней веществъ, при чемъ за единицу поглощенія принято поглощеніе сухаго воздуха при давленіи одной атмосферы:

Пахучія вещества.

Названіе пахучихъ веществъ.	Поглощеніе.
Пачули	30
Сандальное дерево	32
Гераній	33
Гвоздичное масло	33,5
Розовое	36,5
Бергамотовое	44
Нероли	47
Лавенда .	60
Лимонъ	65
Португалъ	67
Тминъ	68
Розмаринъ	74
Лавровое масло .	80
Цвѣты ромашки	87
Кассія	109
Индійскій нардъ	355
Анисовое сѣмя	372.

Число атомовъ воздуха, находящихся въ трубѣ, нельзя даже и сравнить съ числомъ атомовъ пахучихъ веществъ, и, не смотря на такую разрѣженность этихъ послѣднихъ, почули напримѣръ превосходитъ дѣйствіе атмосфернаго воздуха въ 30 разъ, розовое масло въ 36 разъ,—тминъ 74 раза;—индійскій нардъ въ 355,—анисъ въ 372 раза. Было бы совершенно напрасно заниматься опредѣленіемъ упругости пахучихъ веществъ въ предыдущихъ опытахъ; нужно думать, что для полученія этихъ веществъ, при обыкновенной упругости одной атмосферы, нужно бы было болѣе чѣмъ въ милліонъ разъ увеличить количества этихъ веществъ въ трубкѣ. Такимъ образомъ:

The sweet south
That breathes upon a bank of violets
Stealing and giving odour,

(благоухающій южный вѣтеръ, который проносится надъ поляною, покрытою фіалками, заимствуя отъ нихъ запахъ и раздавая его,) обязанъ своимъ благоуханіемъ веществу, которое, не смотря на величайшую разрѣженность, оказываетъ несравненно больше вліянія на лучистую теплоту, чѣмъ вся атмосфера, находящаяся между «поляной» и небомъ.

Кромѣ этихъ опытовъ надъ пахучими маслами, были сдѣланы опыты надъ ароматическими травами. При этомъ употреблялись увядшія травы и потому трудно предложить, чтобы полученные результаты были вполнѣ истинны, такъ какъ по всѣмъ вѣроятіямъ въ этихъ травахъ заключалось достаточное количество воды. Ароматическія части этихъ травъ собирались въ стеклянную трубку, осьмнадцать дюймовъ длины и четверть дюйма въ діаметрѣ. Прежде чѣмъ привинчивать эту трубку къ экспериментальному цилиндру, черезъ нее пропускали помощью отдѣльнаго воздушнаго насоса въ теченіи нѣсколькихъ минутъ сухой воздухъ; потомъ трубка привинчивалась къ экспериментальному цилиндру и съ травами поступали какъ съ эѳирными маслами. Такимъ образомъ оказалось, что тминъ обнаруживалъ дѣйствіе въ 32 раза большее, чѣмъ дѣйствіе прошедшаго черезъ него воздуха.

Пиперментъ	въ 34	раза	больше	воздуха.
Зеленая мята	» 38		»	»
Лазенда .	» 32	»	»	
Полынь	» 41	разъ	»	»
Корица . . .	» 53	раза	»	»

На эти результаты нельзя смотрѣть какъ на окончательные, потому что здѣсь могли примѣшиваться водяные пары, хотя количество ихъ должно быть весьма мало.

Есть еще одно чрезвычайно интересное въ химическомъ отношеніи вещество, которое добывается въ столь малыхъ количествахъ, что они не могутъ быть опредѣляемы; мы употребимъ лучистую теплоту для изслѣдованія его. Это удивительное вещество есть «озонъ.» Онъ, какъ извѣстно, получается при разложеніи воды электрическимъ токомъ на электродѣ, соединеннымъ съ положительнымъ полюсомъ баттареи. Для изслѣдованія его я употреблялъ три различныхъ вольтаметра, въ которыхъ платиновые электроды были различной величины. Въ первомъ изъ нихъ, который мы будемъ называть № 1, поверхность каждаго электрода равняется 4 квадратнымъ дюймамъ; въ № 2 двумъ, и въ № 3 одному только квадратному дюйму.

Причины, побудившія къ употребленію электродовъ различной величины, были слѣдующія: при первыхъ изслѣдованіяхъ надъ озономъ помощью лучистой теплоты употреблялся вольтаметръ съ довольно большими платиновыми пластинками, съ цѣлію уменьшить сопротивленіе току. Полученный такимъ образомъ кислородъ, который бы долженъ заключать въ себѣ озонъ, показывалъ едва замѣтные слѣды этого вещества: онъ быстро обезцвѣчивалъ іодистый поташъ, но почти не оказывалъ никакого дѣйствія на лучистую теплоту. При употребленіи же вольтаметра съ меньшими пластинками оказывалось очень замѣтное дѣйствіе, какъ на іодистый поташъ, такъ и на лучистую теплоту. Разница эта, повидимому, единственно зависѣла отъ величины пластинокъ, а потому для изслѣдованія озона я употреблялъ три описанные прибора. Принявши дѣйствіе кислорода на лучистую теплоту за единицу, дѣйствіе его сопровождающаго озона можно выразить слѣдующимъ образомъ:

Нумера употребленныхъ сосудовъ.	Поглощеніе.
№ 1	20
№ 2	34
№ 3	47

И такъ, озонъ, примѣшанный къ кислороду, не смотря на свое въ высшей степени малое количество въ сравненіи съ количествомъ кисло-

рода, оказываетъ, при употребленіи большихъ электродовъ въ 20 разъ большее дѣйствіе, чѣмъ кислородъ, а при меньшихъ электродахъ онъ въ 47 разъ превышаетъ дѣйствіе кислорода. Такимъ образомъ изъ этихъ опытовъ ясно видно, что на образованіе озона, главнымъ образомъ имѣетъ вліяніе величина пластинокъ, или другими словами, плотность тока при его вхожденіи въ жидкость.

Если теперь обрѣзать пластинки вольтаметра № 2 такъ, чтобы онѣ сдѣлались меньше пластинокъ № 3-го, то въ такомъ случаѣ, дѣйствіе получаемаго изъ № 2 озона на лучистую теплоту вдругъ значительно увеличится, а именно отъ 34 до 65. Слѣдовательно при уменьшеніи величины пластинокъ № 2, дѣйствіе получаемаго озона превосходитъ дѣйствіе озона, получаемаго изъ вольтаметра № 3, дѣйствіе котораго при первомъ опытѣ было больше всѣхъ.

Если же уменьшить пластинки № 3, такъ чтобы онѣ сдѣлались меньше всѣхъ, то образовавшійся озонъ производитъ поглощеніе лучистой теплоты, которое можетъ быть выражено числомъ

85.

Изъ всего этого мы видимъ, что съ уменьшеніемъ величины электродовъ дѣйствіе озона на лучистую теплоту увеличивается. Но извѣстно, что теплота уничтожаетъ озонъ, и предполагая, что теплота развивается при употребленіи малыхъ электродовъ, мы обложили сосудъ смѣсью толченаго льда и соли и дѣйствительно замѣтили, что поглощеніе, произведенное полученнымъ при этомъ озономъ, дошло до

136.

Всѣ эти опыты надъ дѣйствіемъ озона на лучистую теплоту произведены были мною, когда я не былъ еще знакомъ съ изслѣдованіями Деларива, Соре и Мейдингера по этому-же предмету, и хотя методы, употребленные при этомъ, были совершенно различны, но полученные ими результаты вполнѣ согласуются съ моими, такъ что мы еще больше убѣждаемся въ дѣйствительности приложенія лучистой теплоты къ изслѣдованію молекулярныхъ свойствъ тѣлъ (*).

Не смотря на то, что количество озона, при помощи котораго были произведены предыдущіе опыты, вполнѣ недоступно для измѣренія

(*) Мейдингеръ, говоря о разложеніи воды, указываетъ на несогласіе теоріи съ опытомъ, высказывающееся очень рѣзко въ недостаточномъ вы-

обыкновенными средствами, но дѣйствіе его на лучистую теплоту такъ сильно, что сравнительно даже превышаетъ въ этомъ отношеніи маслородный газъ и борный эѳиръ. Нѣтъ ни одного простаго газообразнаго тѣла, которое-бы могло съ нимъ сравниться. Частицы его колебаясь въ эѳирѣ, должны производить сильное потрясеніе этой среды. Если онъ есть кислородъ, то весьма вѣроятно, что онъ состоитъ изъ группъ атомовъ кислорода. Кислородъ ли это, или соединеніе водорода, этотъ вопросъ можно рѣшить слѣдующимъ образомъ: Теплота, какъ извѣстно, уничтожаетъ озонъ. Если озонъ состоитъ изъ одного кислорода, то посредствомъ теплоты озонъ превращался бы въ обыкновенный кислородъ; если же это есть соединеніе водорода, какъ думаютъ нѣкоторые химики, то теплота превращала бы озонъ въ кислородъ и водяные пары.

Вводя чистый кислородъ въ экспериментальный цилиндръ, мы замѣтили бы очень слабое дѣйствіе его на лучистую теплоту; но если къ газу

дѣленіи кислорода при употребленіи довольно сильнаго тока. Онъ замѣтилъ, что при нагрѣваніи электролита, кислородъ выдѣлялся въ должномъ количествѣ. Ему пришло въ голову, не происходитъ-ли недостаточное выдѣленіе кислорода вслѣдствіе образованія озона. Но какимъ образомъ производитъ это вещество уменьшеніе кислорода? Если-бы эта недостаточность происходила вслѣдствіе большой плотности озона, то въ такомъ бы случаѣ уничтоженіе этого вещества дѣйствіемъ теплоты привело-бы кислородъ къ должному объему. Но сильное нагрѣваніе, уничтожавшее озонъ, не производило измѣненія въ объемѣ, и поэтому Мейдингеръ заключилъ, что наблюдаемое имъ дѣйствіе нисколько не зависитъ отъ озона, который примѣшанъ къ кислороду. Подъ конецъ онъ пришелъ къ заключенію, которое и подтвердилъ вполнѣ опытомъ, что недостаточное выдѣленіе кислорода происходило вслѣдствіе образованія озономъ въ водѣ перекиси водорода, и такимъ образомъ не весь кислородъ попадалъ въ трубку. При опытахъ, онъ также какъ и Деларивъ употреблялъ различной величины электроды, и замѣтилъ, что при употребленіи меньшихъ электродовъ недостатокъ кислорода былъ особенно замѣтенъ. Это явленіе дало ему поводъ заключить, что успѣшное образованіе озона обусловливается увеличеніемъ плотности тока въ мѣстѣ прикосновенія электрода съ элетролитомъ. Къ тому-же заключенію привели вышеописанные опыты надъ лучистою теплотою, несмотря на совершенное различіе методовъ изслѣдованія. Мейдингеръ искалъ недостающаго кислорода, и нашелъ его въ жидкости; я же изслѣдовалъ выдѣлившійся кислородъ и нашелъ, что количество примѣшивающагося къ нему озона увеличивается по мѣрѣ уменьшенія поверхности электродовъ. Прочитавши изслѣдованія Мейдингера, мы повторили его опыты при помощи нашихъ приборовъ и нашли что тѣ изъ нихъ, которые выдѣляли наиболѣе поглощающій газъ, выдѣляли его въ наиболѣе достаточномъ количествѣ.

примѣшаны водяные пары, то нужно ожидать что онъ окажетъ болѣе чувствительное дѣйствіе.

Пропускали сухой электролитный газъ черезъ накаленную до красна стеклянную трубку и потомъ вводили его въ экспериментальный цилиндръ, или послѣ нагрѣванія пропускали его черезъ сушильныя трубки и затѣмъ уже вводили въ экспериментальный цилиндръ; но какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ, не удалосъ открыть разницы между высушеннымъ и невысушеннымъ послѣ нагрѣванія газомъ. Слѣдовательно, если послѣ нагрѣванія электролитнаго газа образовались водяные пары, то значитъ мы не могли ихъ открыть при помощи нашихъ экспериментальныхъ средствъ; такъ что мы имѣемъ право остаться при убѣжденіи, что озонъ есть соединеніе атомовъ одного кислорода въ группы, и что нагрѣваніе уничтожаетъ связь между ними, послѣ чего атомы колеблются отдѣльно и теряютъ свою способность поглощать и производить движенія, способность, которою они обладали, будучи сгруппированы.

Разсмотримъ теперь цѣлый рядъ фактовъ, которые смутили и удивили меня, когда я впервые замѣтилъ ихъ. Производя свои наблюденія, я впустилъ однажды въ экспериментальный цилиндръ такое количество паровъ алкоголя, что оно произвело пониженіе ртути манометра на 0,5 дюйма; эти пары поглощали теплоту на столько, что стрѣлка отклонилась на 72°. Въ то время, какъ стрѣлка была такъ отклонена, мы невытягивая посредствомъ насоса паровъ изъ цилиндра, впустимъ въ нее струю сухаго воздуха и посмотримъ, что сдѣлается со стрѣлкой. Стрѣлка возвращается къ 0°, переходитъ на противуположную сторону и останавливается на 25° Вхожденіе почти не дѣйствующаго на лучистую теплоту воздуха не только уничтожаетъ поглощеніе теплоты парами, что имѣло бы мѣсто, если бы стрѣлка останавливалась на 0°, но еще довольно значительно увеличиваетъ нагрѣваніе той стороны термоэлектрическаго столбика, которая обращена къ экспериментальному цилиндру; при вновь повторенномъ опытѣ стрѣлка отъ 70° возвратилась къ 0° и потомъ, остановилась на 38° на другой сторонѣ нуля. Тоже самое замѣчено при наблюденіи паровъ сѣрнаго эѳира, которые производятъ отклоненіе на 30°; при впущеніи-же сухаго воздуха въ трубу, стрѣлка устремляется къ нулю и потомъ останавливается на 60° на противуположной сторонѣ нуля.

Первое, что можетъ прійти въ голову при наблюденіи этого страннаго дѣйствія входящаго воздуха, это то, что пары осаждаются на пластинкахъ каменной соли въ видѣ непрозрачной оболочки, которая, при вхож-

деніи сухаго воздуха, исчезаетъ, и лучистая теплота снова можетъ свободно проходить сквозь цилиндръ.

Но легко видѣть, что подобное предположеніе несправедливо. Уничтоженіе непрозрачной оболочки могло-бы, по большей мѣрѣ, возстановить тѣ явленія, которыя наблюдались до впусканія паровъ въ цилиндръ; оно могло бы возвратить стрѣлку къ нулю но не могло бы отклонить ее въ противуположную сторону. Не смотря на это, я разобралъ приборъ, и разсмотрѣлъ самымъ внимательнымъ образомъ пластинки каменной соли; на нихъ не оказалось никакого осадка; пластинки оставались совершенно прозрачными, когда пары прикасались къ нимъ. Какъ-же объяснить это явленіе?

Намъ уже извѣстно измѣненіе температуры воздуха, когда его впускаютъ въ пустое пространство (стр. 22). Мы знаемъ что воздухъ нагрѣвается, когда частицы его ударяются о стѣнки сосуда. Теперь рождается вопросъ, можетъ ли такимъ образомъ развившаяся теплота на столько нагрѣть пары алкоголя и эѳира, что испускаемая этими послѣдними теплота будетъ болѣе чѣмъ достаточна, для уничтоженія вліянія охлажденія, происходящаго вслѣдствіе поглощенія теплоты парами? Здѣсь снова является experimentum crucis если наблюдаемое дѣйствіе зависитъ отъ нагрѣванія воздуха, входящаго въ несовершенную пустоту, въ которой находились пары, то подобные-же результаты, должны получиться и безъ внѣшняго источника теплоты. И такъ мы приходимъ къ разсмотрѣнію вопроса, который съ перваго взгляда кажется совершенно парадоксальнымъ, а именно къ опредѣленію способностей испусканія и поглощенія теплоты газами и парами *безъ всякаго внѣшняго источника теплоты.*

Возьмемъ нашъ приборъ и удалимъ оба источника теплоты; одинъ изъ концовъ стекляннаго экспериментальнаго цилиндра закроемъ стеклянною пластинкою, потому что намъ теперь ненужно, чтобы теплота выходила съ этой стороны изъ цилиндра; другой-же конецъ закроемъ пластинкою изъ каменной соли и противъ нее поставимъ соединенный съ гальванометромъ термоэлектрическій столбикъ. Стрѣлка при этомъ, не смотря на отсутствіе источника теплоты, не стоитъ однако совершенно на нулѣ; на самомъ дѣлѣ, стѣны комнаты и люди, здѣсь присутствующіе, составляютъ источники теплоты, дѣйствіе которыхъ должно быть уравновѣшено, для того чтобы стрѣлка стояла какъ разъ на нулѣ; поэтому необходимо слегка нагрѣть противуположную сторону термоэлектрическаго столбика, что и производится безъ труда помощію куба

наполненнаго едва теплою водою, поставленнаго на нѣкоторомъ разстояніи отъ столбика; теперь стрѣлка дѣйствительно устанавливается на нулѣ. Воздухъ изъ экспериментальнаго цилиндра вытянутъ, и мы теперь предоставимъ ему входить въ цилиндръ, пока послѣдній совершенно наполнится имъ; цилиндръ при этомъ нагрѣвается; каждый атомъ воздуха, заключающагося въ цилиндрѣ, совершаетъ теперь колебанія, и еслибы эти атомы обладали способностью сообщать свои движенія эѳиру, то отъ каждаго колеблющагося атома распространялись бы волны, которыя бы достигали термоэлектрическаго столбика. Но стрѣлка гальванометра почти не двигается, изъ чего мы должны заключить, что количество теплоты, испускаемой воздухомъ, весьма мало. Отклоненіе въ данномъ случаѣ равно 7°.

Но и эти 7° отклоненія въ самомъ дѣлѣ произведены не дѣйствіемъ теплоты испускаемой воздухомъ. Какая-же причина этаго отклоненія?— Откроемъ одинъ изъ концовъ экспериментальной трубы и обложимъ ея внутреннія стѣнки черною бумагою, которая бы покрывала цилиндръ всего на 12 дюймовъ, и послѣ этого повторимъ опытъ. Произведши въ трубѣ безвоздушное пространство и впустивъ въ нее воздухъ увидимъ, что стрѣлка отклоняется на дугу въ 70°. Отклоненіе это происходитъ вслѣдствіе вліянія вложенной бумаги: она нагрѣвается воздухомъ и испускаетъ лучистую теплоту въ довольно значительномъ количествѣ.

Внутренняя поверхность цилиндра производитъ то-же самое, только въ меньшей степени, такъ что полученное выше отклоненіе на 7° произошло не вслѣдствіе испусканія лучей воздухомъ, но вслѣдстіе испусканія ихъ поверхностью цилиндра.

Выймемъ бумагу изъ цилиндра и впустимъ окись азота вмѣсто воздуха. Стрѣлка отклоняется на 28°, показывая такимъ образомъ что этотъ газъ испускаетъ гораздо больше теплоты, чѣмъ воздухъ. Я теперь вытягиваю газъ изъ цилиндра, газъ вслѣдствіе этого охлаждается и столбикъ уступаетъ ему часть своей теплоты, какъ видно по отклоненію с рѣлки въ противуположную сторону.

Теперь мы впускаемъ маслородный газъ въ пустой цилиндръ. Мы знаемъ уже что этотъ газъ обладаетъ въ высшей степени способностью испускать теплоту; при вхожденіи въ цилиндръ онъ нагрѣвается и производитъ отклоненіе стрѣлки на 67° Пусть газъ охладится такъ, чтобы стрѣлка возвратилась къ 0° При вытягиваніи его изъ трубы насосомъ, газъ охладится еще болѣе и произведетъ отклоненіе на 40° въ сторону холода.

Принявши все это во вниманіе, мы будемъ въ состояніи объяснить странное явленіе, замѣченное нами при наблюденіи спиртныхъ и эоирныхъ паровъ.

Для большаго удобства назовемъ нагрѣваніе газа при вхожденіи въ пустой цилиндръ—*динамическимъ нагрѣваніемъ*; его лучеиспусканіе, какъ и поглощеніе имъ теплоты послѣ того, какъ мы при вытягиваніи охладили его, назовемъ также—*динамическимъ лучеиспусканіемъ и поглощеніемъ*. Понимая смыслъ этихъ названій, легко понять смыслъ прилагаемой здѣсь таблицы.

Динамическое лучеиспусканіе газовъ.

Названія.	Крайніе предѣлы отклоненія.
Воздухъ	7
Кислородъ	7
Водородъ	7
Азотъ	7
Окись углерода	19
Углекислота	21
Окись азота	31
Маслородный газъ.	63

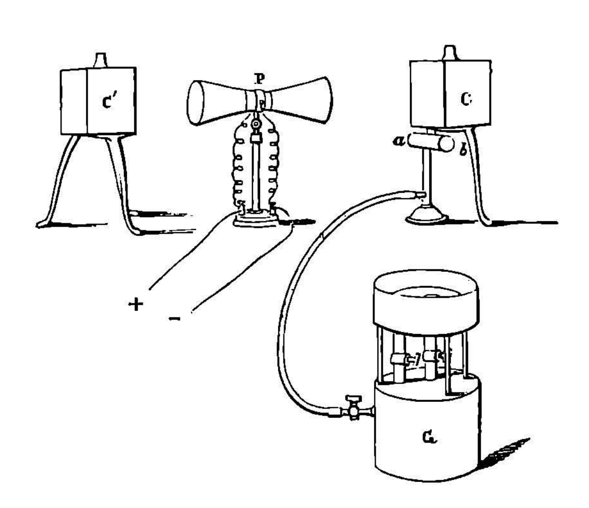
Мы видимъ, что полученные здѣсь результаты вполнѣ согласны съ тѣми, которые получены были при употребленіи совершенно другаго метода изслѣдованій. Но нужно замѣтить, что динамическое лучеиспусканіе такъ недавно открыто, что средства для его изслѣдованія еще далеко не совершенны. Тѣмъ не менѣе видно, что употребленный методъ изслѣдованій можетъ быть сдѣланъ въ высшей степени точнымъ.

Теперь займемся изслѣдованіемъ паровъ и постараемся заразъ разсматривать лучеиспусканіе и поглощеніе теплоты, что можетъ быть съ перваго взгляда покажется невозможнымъ. Намъ уже извѣстно, что полированная металлическая пластинка испускаетъ весьма малое количество лучистой теплоты· но если такую поверхность покрыть лакомъ, то она испускаетъ лучи въ большомъ количествѣ. Для того, чтобы сообщить движеніе эоиру для атомовъ металла, необходимо какое нибудь посредствующее тѣло, какъ напр. лакъ, частицамъ котораго сообщается

дриженіе; эти же послѣднія частицы обладаютъ способностію передавать движеніе эѳиру (*)

Точно также посредствомъ газообразныхъ тѣлъ, обладающихъ большими способностями лучеиспусканія, можно, такъ сказать, налакировать металлическую поверхность. Для доказательства этого производится опытъ слѣдующимъ образомъ: — берется газометръ *G* (фиг: 94), изъ

Фиг. 94.



котораго я могу выпускать тонкую струю, положимъ, маслороднаго газа; струя впускается въ трубку *ab*., черезъ отверстіе которой газъ подымается къ нагрѣтому кубу *C*. Дѣйствіе лучей, испускаемыхъ этимъ кубомъ, уравновѣшивается кубомъ *C′* Когда газъ проходитъ мимо куба *C*, который при этомъ охлаждается, потому что онъ долженъ нагрѣть проходящій газъ, вы видите по отклоненію стрѣлки гальванометра, что лучеиспусканіе *C* значительно усилилось: теперь оно производитъ отклоненіе стрѣлки на 45°.

Такимъ образомъ посредствомъ газа налакировывается металличе-

---

(*) Очень бы было хорошо измѣнить названіе вещества, наполняющаго міровое пространство, или же названія нѣкоторыхъ летучихъ жидкостей, потому что, при употребленіи слова означающаго два различныхъ предмета, трудно избѣгнуть нѣкоторой путаницы.

ская пластинка. Но еще интереснѣе явленіе, когда одинъ газъ лакируется другимъ. Возьмемъ склянку съ небольшимъ количествомъ уксуснаго эѳира, который, какъ извѣстно, принадлежитъ къ летучимъ и сильно поглощающимъ веществамъ. Будемъ впускать его пары въ экспериментальный цилиндръ до тѣхъ поръ, пока ртутный столбъ манометра не опустится на полдюйма. Эти пары я буду употреблять, какъ лакъ, а вмѣсто золота, мѣди или серебра я буду употреблять кислородъ, который будетъ какъ бы лакироваться парами уксуснаго эѳира. Теперь стрѣлка стоитъ на нулѣ. Впустимъ въ экспериментальный цилиндръ струю сухаго кислорода, который нагрѣвается при этомъ динамически. Этотъ кислородъ, какъ намъ извѣстно, неспособенъ къ лучеиспусканію. Но теперь онъ прикасается къ парамъ эѳира и сообщаетъ ему непосредственно свое движеніе; частицы же эѳира испускаютъ лучи, отъ дѣйствія которыхъ стрѣлка описываетъ дугу въ 70°. Не къ чему доказывать, что въ этомъ послѣднемъ опытѣ пары находились въ такомъ же отношеніи къ кислороду, какъ лакъ къ металлу при прежнемъ опытѣ.

По выдѣленіи парами всей теплоты, образованной входящимъ кислородомъ, стрѣлка снова возвратится къ нулю. Если теперь станемъ вытягивать газъ изъ трубы посредствомъ насоса, то пары въ ней охладятся и стрѣлка отклоняется на 45° по другую сторону нуля. Такимъ образомъ было опредѣлено динамическое лучеиспусканіе и поглощеніе различныхъ паровъ, упомянутыхъ въ слѣдующей таблицѣ. Для нагрѣванія паровъ употреблялся не кислородъ, а воздухъ, и замѣчали предѣльное отклоненіе стрѣлки.

Динамическое лучеиспусканіе и поглощеніе паровъ.

	Отклоненіе.	
	Лучеиспуканіе.	Поглощеніе.
	°	°
Двусѣрнистый углеродъ .	14	6
Іодистый метилъ	19,5	8
Бензоилъ .	30	14
Іодистый этилъ	34	15,5
Метилобой алкоголь .	36	«
Амиловой хлоридъ	41	23
Амиленъ	48	
Алкоголь	50	. . 27,5

Сѣрный эфиръ	64	34
Муравьиный эфиръ	68,5	38
Уксусный эфиръ	70	43

Слѣдовательно для лакированія воздуха употреблялось одинадцать различныхъ веществъ. Изъ таблицы видно, что относительныя величины динамическаго лучеиспусканія и поглощенія различныхъ паровъ совершенно соотвѣтствуютъ тѣмъ величинамъ, которыя найдены при употребленіи внѣшняго источника теплоты,—такъ что и здѣсь можно сказать что способности динамическаго поглощенія и испусканія идутъ рука объ руку.

Мы часто говорили о маломъ количествѣ вещества, дѣйствіе котораго на лучистую теплоту наблюдалось въ опытахъ. Теперь я хочу сдѣлать одинъ опытъ, который доставитъ намъ одинъ изъ поразительнѣйшихъ примѣровъ въ этомъ родѣ. Поглощеніе теплоты борнымъ эѳиромъ превосходитъ поглощенія всѣхъ прочихъ тѣлъ, какъ это было показано на стр. 286, и можно предположить, что и динамическое его лучеиспусканіе будетъ соразмѣрно велико. Опорожнимъ экспериментальный цилиндръ и впустимъ въ него пары борнаго эѳира въ такомъ количествѣ, чтобы ртутный столбъ манометра понизился на $^1/_{10}$ дюйма. Если высота барометра 30 дюймовъ, то упругость паровъ эѳира заключающихся въ нашей трубѣ составитъ $^1/_{300}$ упругости атмосферы. Когда мы впустимъ въ трубу сухаго воздуха, пары нагрѣются и динамичекое лучеиспусканіе произведетъ отклоненіе стрѣлки на 56° Посредствомъ воздушнаго насоса уменьшимъ упругость находящагося въ трубѣ воздуха до 0, 2 дюйма, что составитъ $^1/_{150}$ упругости атмосферы.

Упругость оставшихся паровъ составляетъ теперь $^1/_{150}$ часть ихъ первоначальной упругости. Тѣмъ не менѣе, когда мы впустимъ сухой воздухъ въ цилиндръ, динамическое лучеиспусканіе оставшихся паровъ произведетъ отклоненіе стрѣлки на 42°. Опять посредствомъ воздушнаго насоса доведемъ упругость воздуха въ трубѣ до 0, 2 дюйма; количество оставшихся въ трубѣ паровъ эѳира составитъ теперь $^1/_{150}$ часть того, которое было въ предущемъ опытѣ. Динамическое лучеиспусканіе этой части произведетъ отклоненіе въ 20°.

Продолжая такіе же опыты получимъ отклоненіе въ 14 и 10 градусовъ. Теперь спрашивается, какова была упругость паровъ борнаго эѳира, произведшихъ это послѣднее отклоненіе? Слѣдующая таблица отвѣчаетъ на этотъ вопросъ:

Динамическое лучеиспусканіе борнаго эѳира.

Упругость паровъ, принимая упругость атмосферы за единицу.	Отклоненіе.
$\frac{1}{300}$	56°
$\frac{1}{150}\times\frac{1}{300}=\frac{1}{45000}$	42
$\frac{1}{150}\times\frac{1}{150}\times\frac{1}{300}=\frac{1}{6750000}$	20
$\frac{1}{150}\times\frac{1}{150}\times\frac{1}{150}\times\frac{1}{300}=\frac{1}{1012500000}$	14
$\frac{1}{150}\times\frac{1}{150}\times\frac{1}{150}\times\frac{1}{150}\times\frac{1}{300}=\frac{1}{151875000000}$	10

Самъ воздухъ, нагрѣвая внутреннюю поверхность трубы, производитъ, какъ мы уже видѣли, отклоненіе въ 7,°, а потому полученное отклоненіе 10° произведено лучеиспусканіемъ борнаго эѳира; вычитая 7 изъ 10 въ остаткѣ получится 3°. Но можно положительно сказать, что покрайней мѣрѣ половина отклоненія 14° производится остаткомъ борныхъ паровъ, упругость которыхъ такъ мала, что для того, чтобы сдѣлать ее равною упругости атмосферы, нужно было-бы увеличить ее въ тысячу милліоновъ разъ.

Здѣсь невольно раждаются нѣкоторые вопросы, которые представляютъ также не мало интереса. Мы впускали маслородный газъ въ трубу, пока послѣдняя не была совершенно наполнена, и измѣряли его лучеиспусканіе. Но каково было состояніе столба газа въ экспериментальной трубѣ во время опыта? Понятно, что части газа, находившіяся на большомъ разстояніи отъ термо-электрическаго столбика, посылаютъ лучи теплоты сквозь газъ, находящійся между ними и столбикомъ, и довольно большая часть лучей, испускаемыхъ отдаленными частями газоваго столба, поглощается передними частями его. И если столбъ газа сдѣлать достаточно длиннымъ, то та часть, которая обращена къ термо-электрическому столбу будетъ представлять непроницаемую преграду для лучей, испускаемыхъ заднею частью газоваго столба. Такимъ образомъ уменьшая длину газоваго столба, мы бы едва замѣтно уменьшили количество лучей, падающихъ на термо-электрическій столбикъ. Сравнимъ теперь динамическое лучеиспусканіе паровъ съ лучеиспусканіемъ маслороднаго газа. Въ нашихъ опытахъ мы употребляли пары при упругости равной 0, 5 дюйма; слѣдовательно частицы паровъ эѳира, отъ которыхъ

распространяется лучистая теплота, находились гораздо дальше другъ отъ друга, чѣмъ частицы маслороднаго газа, упругость котораго была въ 60 разъ больше. Отсюда понятно, что лучи, испускаемые задними частями столба, при употребленіи эѳира, будутъ имѣтъ сравнительно болѣе удобный проходъ къ термо-элекрическому столбику, и потому въ этихъ случаяхъ лучше употреблять длинную трубу; между тѣмъ подобная труба не нужна для изслѣдованій надъ маслороднымъ газомъ. Это даетъ намъ право заключить, что укорачивая трубу, мы гораздо значительнѣе уменьшимъ лучеиспусканіе паровъ, чѣмъ газовъ. Повѣримъ наше разсужденіе опытомъ. Мы нашли динамическое лучеиспусканіе четырехъ веществъ когда длина газоваго столба равнялаеь 2 футамъ и 9 дюймамъ; слѣдующая таблица показываетъ величины отклоненій:

	Отклоненія.
Маслородный газъ	63
Сѣрный эѳиръ	64
Муравьиный эѳиръ	68,5
Уксусный эѳиръ	70

Маслородный газъ производитъ какъ видно наименьшее отклоненіе.

Употребляя же трубку 3 дюймовъ длины, что составляетъ $^1/_{11}$ часть прежней ее длины получимъ слѣдующее:

	Отклоненія
Маслородный газъ.	39
Сѣрный эѳиръ.	11
Муравьиный эѳиръ	12
Уксусный эѳиръ	15

И такъ изъ этихъ опытовъ видно, что при употребленіи длинной трубы динамическое лучеиспусканіе паровъ превосходитъ лучеиспусканіе газовъ, между тѣмъ какъ при употребленіи короткой—газы превосходятъ пары. Этимъ доказывается, если только это требуетъ доказательства, что хотя атомы паровъ и распространяются въ воздухѣ, но что они на самомъ дѣлѣ представляютъ центры лучеиспусканія.

Занимаясь изслѣдованіемъ паровъ, мы до сихъ поръ, хотя не безъ цѣли, ничего не сказали о важнѣйшемъ изъ нихъ, а именно о водяномъ парѣ. Этотъ паръ, какъ извѣстно, распространяется повсюду въ нашей атмосферѣ; онъ существуетъ даже и при ясномъ днѣ: на Альпахъ самое

ясное небо бываетъ наиболѣе ненадежное, потому что голубой цвѣтъ неба темнѣетъ съ увеличеніемъ количества водяныхъ паровъ въ воздухѣ. Говоря о водяныхъ парахъ, мнѣ нечего напоминать, что я говорю о такихъ, которые невидимы; я не говорю не объ облакахъ, не о туманѣ, не о какой бы то нибыло мглѣ. Облака, туманъ и мгла образуются изъ паровъ, сгустившихся въ воду, между тѣмъ какъ паръ, съ которымъ мы имѣемъ дѣло, есть неосязаемый и совершенно прозрачный газъ, который распространенъ повсюду въ нашей атмосферѣ, хотя не вездѣ въ одинаковомъ количествѣ.

Чтобы показать, что водяные пары находятся въ воздухѣ комнаты, берется мѣдный сосудъ, который за часъ передъ опытомъ наполняется смѣсью толченаго льда и соли. Темная поверхность сосуда покрывается вскорѣ бѣлымъ слоемъ инея, произшедшаго въ слѣдствіе сгущенія и замерзанія водяныхъ паровъ. Можно соскоблить это бѣлое вещество, и посредствомъ сдавливанія дать этимъ замерзшимъ парамъ какую угодно форму; такимъ образомъ посредствомъ этихъ опытовъ можно, не выходя изъ комнаты, составить себѣ ясное понятіе объ образованіи ледника отъ начала до конца. На стеклянной пластинкѣ, которою я прикрылъ этотъ сосудъ, пары не замерзаютъ, но собираются въ такомъ большомъ количествѣ, что если держать ее бокомъ, то вода потечетъ съ нее.

Количество паровъ въ атмосферѣ вообще не велико; на сто частей нашей атмосферы кислорода и азота приходится около $99^1/_2$ частей, 0,45 водяныхъ паровъ, остальное-же количество 0,05 углекислоты. Если бы мы не знали о дѣйствіи почти безконечно малыхъ количествъ вещества на лучистую теплоту, то мы бы не могли надѣяться, что будемъ въ состояніи измѣрить дѣйствіе водяныхъ паровъ нашей атмосферы на лучистую теплоту. И въ самомъ дѣлѣ я сначала обращалъ очень мало вниманія на ихъ дѣйствіе, и потому съ трудомъ повѣрилъ своему первому наблюденію, изъ котораго оказалось, что дѣйствіе водяныхъ паровъ нашей лабораторіи въ пятнадцать разъ превосходитъ дѣйствіе воздуха, въкоторомъ они распростанены. Но нужно замѣтить, что это отнюдь не выражаетъ истиннаго отношенія водяныхъ паровъ къ воздуху. Для того чтобы показать вамъ дѣйствіе паровъ на лучистую телоту, сдѣлаемъ слѣдующій опытъ, для котораго употребимъ прежній приборъ. (Фиг. 89 *a*) Вытянемъ воздухъ изъ экспериментальнаго цилиндра, и повторимъ нашъ опытъ надъ сухимь воздухомъ, который былъ сдѣланъ нами въ началѣ предыдущей лекціи. Поглощеніе лучистой теплоты воздухомъ такъ слабо, что стрѣлка, какъ извѣстно, едва отколняется на одинъ градусъ, и можно

сказать, что если бы употребленный воздухъ былъ еще лучше очищенъ, то отклоненіе было бы еще меньше. Вытянемъ снова сухой воздухъ изъ цилиндра и впустимъ въ него комнатный воздухъ, не пропуская его сквозь сушильный приборъ. По мѣрѣ вхожденія воздуха,—стрѣлка движется и наконецъ остановится на 48° и пока источники теплоты будутъ оставаться одинакими,и воздухъ будетъ входить въ трубу, стрѣлка будетъ оставаться на одномъ и томъ же мѣстѣ. Эти 48° соотвѣтствуютъ поглощенію, выражаемому числомъ 72. Водяные пары, находящіеся въ данномъ случаѣ въ комнатномъ воздухѣ, дѣйствуютъ на лучистую теплоту въ 72 раза сильнѣе самаго воздуха.

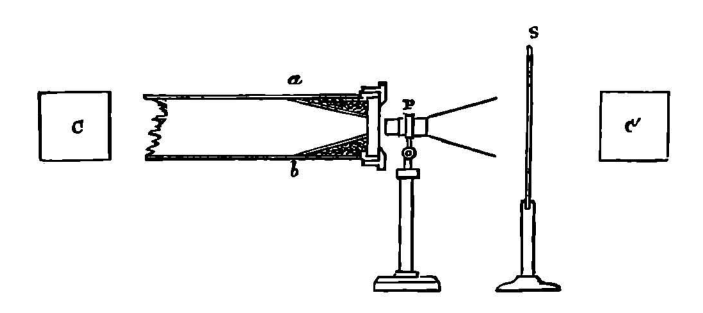
Этотъ результатъ получается весьма легко; но нужно сознаться, что на точность его нельзя вполнѣ положиться. Самое главное, при сравненіи сухаго воздуха съ влажнымъ, необходимо, чтобъ эти вещества, какъ можно лучше были очищены. Можно цѣлые мѣсяцы работать съ плохимъ сушильнымъ приборомъ и все таки не получить воздуха, который бы почти не оказывалъ никакого дѣйствія на лучистую теплоту. Самое ничтожное количество органическаго вещества, совершенно незамѣтное для глаза, вполнѣ достаточно чтобы увеличить въ пятьдесятъ разъ дѣйствіе воздуха. Вы вполнѣ знакомы съ дѣйствіями, оказываемыми въ нѣкоторыхъ случаяхъ безконечно малыми количествами вещества, и потому вы хорошо приготовлены къ тѣмъ фактамъ, которые поражали меня, когда я впервые нападалъ на нихъ.

Но будемъ крайне осторожны въ настоящихъ изслѣдованіяхъ. Результаты, которые мы желаемъ получить столь важны и имѣютъ такое значеніе для метеорологіи, что они должны быть изслѣдуемы съ самою большою тщательностію. Прежде всего разсмотримъ кусокъ каменной соли, который лежалъ нѣкоторое время близъ чана съ водою, но не прикасался къ чему бы то нибыло влажному. Онъ влаженъ потому, что онъ принадлежитъ къ гидроскопическимъ тѣламъ, вслѣдствіе чего влажность сгущается на его поверхности. Возьмемъ другую сухую пластинку изъ каменной соли: если дохнуть на нее, то тотчасъ замѣтимъ, что пары, вслѣдствіе притяженія ихъ пластинкою, покроютъ ея поверхность слоемъ, на которомъ образуются цвѣта тонкихъ пластинокъ. Намъ извѣстна неспособность раствора каменной соли пропускать сквозь себя лучистую теплоту, а отсюда невольно рождается вопросъ: не осаждались ли во время нашего опыта надъ влажнымъ воздухомъ пары на пластинкахъ изъ каменной соли, и не имѣло ли это вліяніе на полученное отклоненіе, которое мы приписали дѣйствію водяныхъ паровъ,

находящихся въ воздухѣ?—Если опытъ производится неосторожно, или если хотите, чтобы пары осаждались на пластинкахъ каменной соли, то вы легко можете достигнуть этого.

Въ этомъ отношеніи всякій наблюдатель долженъ заранѣе напрактиковаться. Сущность хорошаго опыта состоитъ въ томъ, чтобы устранить всѣ тѣ обстоятельства, которыя бы могли превратить простой и ясный предметъ въ запутанный. Въ данномъ случаѣ нужно прежде всего осмотрѣть наши соляныя пластинки, и если опытъ прозводился съ должными предосторожностями, то онѣ нисколько не окажутся влажными. Для точнѣйшаго произведенія опыта, сдѣлаемъ маленькое измѣненіе въ нашемъ приборѣ. До сихъ поръ термо-электрическій столбъ съ его двумя рефлекторами ставился внѣ цилиндра; теперь же, удаливъ солнную пластинку на одномъ изъ концовъ цилиндра, вставимъ одинъ изъ рефлекторовъ, снявши его со столбика, въ цилиндръ, такъ, чтобы отверстіе рефлектора *ab* (фиг. 95) плотно прилегало къ внутренней поверхности ци-

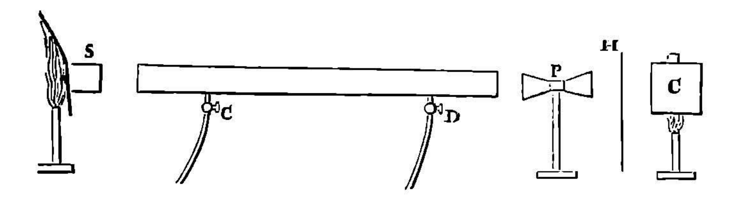
Фиг. 95.



линдра; въ этомъ состоитъ измѣненіе прежняго прибора. Пространство между внѣшнею поверхностію рефлектора и внутреннею поверхностію цилиндра, наполнимъ кусками хлористаго кальція, и чтобы онъ оттуда не выпадалъ, конецъ трубы закрывается проволочной сѣткою. Потомъ закроемъ этотъ конецъ цилиндра пластинкою изъ каменной соли, и приблизимъ къ ней термо-электрическій столбъ, такъ, чтобы онъ не прикасался къ ней. Нужно замѣтить, что пластинка, лежащая около источника теплоты *C*, никакимъ образомъ не можетъ покрыться влажностью, развѣ только при самыхъ грубыхъ опытахъ. Черезъ нее проходитъ количество теплоты, которое, вслѣдствіе близости источника теплоты, достаточно сильно, чтобы уничтожить влажность, если бы таковая начала осаждаться на поверхности ея. Относительно другой пластинки, на другомъ концѣ трубы,

нельзя быть на столько увѣреннымъ — ея положеніе менѣе выгодно — но и та прекрасно защищена теперь хлористымъ кальціемъ, который не пропуститъ влажность къ краямъ пластинки; черезъ среднююже часть пластинки, поверхность которой приблизительно равна квадратному дюйму, проходятъ всѣ лучи вслѣдствіе дѣйствія рефлектора. A priori можно заключить, что въ данномъ случаѣ на пластинкѣ не могутъ осадиться пары, — и это дѣйствительно оправдывается опытомъ. Если ввести снова, какъ сухой, такъ и невысушенный комнатный воздухъ въ цилиндръ, то найдемъ, что послѣдній превышаетъ дѣйствіе перваго въ 70 разъ. Стрѣлка, вслѣдствіе поглощенія теплоты влажнымъ воздухомъ, отклоняется на показанное число градусовъ. Оставляя этотъ воздухъ въ трубѣ, отвинтимъ соляныя пластинки и хорошенько разсмотримъ ихъ поверхности съ помощію увеличительнаго стекла, и будемъ стараться, чтобы не дышать на нихъ. Эти пластинки были хорошо отполированы и остались такими и теперь. Если потереть ихъ сухимъ платкомъ, то не остается никакихъ слѣдовъ, и какъ бы мы не изслѣдывали ихъ, мы не откроемъ ни малѣйшихъ слѣдовъ влажности. Не смотря однако на все это, поглощеніе имѣло мѣсто. И такъ, посредствомъ этаго опыта, мы положительно убѣждаемся, что полученные нами результаты происходятъ не отъ образованія на пластинкахъ солянаго раствора, а вслѣдствіе поглощенія теплоты водяными парами Но хоть мы и не открыли слѣдовъ осажденія пара на пластинкахъ, однако сомнѣніе на этотъ счетъ не уничтожается. Для большаго убѣжденія поступимъ слѣдующимъ образомъ: отдѣлимъ цилиндръ отъ преддверія и удалимъ пластинки изъ каменной соли, такъ что цилиндръ будетъ открытъ съ обоихъ концовъ. Теперь я буду наполнять цилиндръ то сухимъ, то влажнымъ воздухомъ и сравнивать ихъ дѣйствіе на лучистую теплоту, испускаемую нашимъ источникомъ. Здѣсь, какъ и въ другихъ случаяхъ практическій тактъ экспериментатора играетъ важную роль. Источникъ теплоты съ одной стороны, и термо-электрическій столбикъ съ другой находятся на открытомъ воздухѣ, и малѣйшее волненіе въ немъ можетъ скрыть дѣйствіе лучистой теплоты, которое мы хотимъ открыть. Слѣдовательно воздухъ должно вводить въ цилиндръ такъ, чтобы не произошло ни малѣйшаго сотрясенія термо-электрическаго столбика или источника теплоты. Длина трубы равняется 4 футамъ и 3мъ дюймамъ; кранъ *C* (фиг. 96) соединяется съ каучуковымъ мѣхомъ, который наполненъ комнатнымъ воздухомъ и подвергается умѣренному сдавливанію. Другой кранъ *D* соединяется посредствомъ гибкой трубки съ воздушнымъ

Фиг. 96.



насосомъ. Между краномъ *C* и мѣхомъ, помѣщается сушильный приборъ. Если открыть кранъ *C*, то давленіе, производимое на мѣхъ, заставляетъ воздухъ медленно входить въ экспериментальный цилиндръ; въ тоже время приводится въ дѣйствіе воздушный насосъ, такъ что воздухъ, пройдя черезъ сушильныя трубки, войдетъ въ экспериментальный цилиндръ и потомъ устремляется къ *D*. Разстояніе между краномъ *C* и источникомъ теплоты равняется 18 дюймамъ, а между *D* и термо-электрическимъ столбомъ — 12 дюймамъ. Нейтрализующій кубъ *C* и экранъ *H* употребляются также, какъ и прежде. При такихъ большихъ разстояніяхъ средней части трубы, въ которой движется воздухъ, мы можемъ, не сообщая сотрясенія ни источнику теплоты, ни столбику, замѣнять сухой воздухъ влажнымъ на оборотъ. Теперь труба наполнена комнатнымъ воздухомъ и стрѣлка стоитъ на нулѣ; посмотримъ, что произойдетъ, когда мы впустимъ въ цилиндръ воздухъ, прошедшій сквозь сушильныя трубки, и въ то же время будемъ маневрировать во душнымъ насосомъ: при вхожденіи сухаго воздуха, стрѣлка начнетъ отклоняться, и направленіе ея отклоненія показываетъ, что теперь теплоты проходитъ больше, чѣмъ прежде; то есть замѣщеніе комнатнаго воздуха сухимъ сдѣлало трубу болѣе прозрачною для лучистой теплоты. Окончательное отклоненіе будетъ равнятся 45°,и стрѣлка не идетъ далѣе при дальнѣйшемъ притокѣ сухаго воздуха.

Остановимъ теперь притокъ сухаго воздуха, а вмѣстѣ съ этимъ и дѣйствіе воздушнаго насоса. Стрѣлка при этомъ медленно возвращается къ прежнему положенію, что и означаетъ вхожденіе и постепенное хотя и медленное распространеніе водяныхъ паровъ въ цилиндрѣ; если же начать дѣйствовать насосомъ, то стрѣлка движется быстрѣе и наконецъ останавливается на нулѣ. Тысячу разъ можно повторить этотъ опытъ, и все таки не замѣтимъ никакого измѣненія въ результатахъ; при вхожденіи сухаго воздуха стрѣлка постоянно будетъ отклоняться на 45°,показывая увеличеніе прозрачности; при вхожденіи же влажнаго

воздуха, стрѣлка будетъ возвращаться къ нулю, что и будетъ означать увеличеніе поглощенія.

Но если насытить воздухъ парами, то дѣйствіе его на лучистую теплоту будетъ еще большее. Удалимъ сушильный приборъ и вмѣсто его возьмемъ трубки, имѣющія видъ *U*, содержащія куски стекла, смоченныя дистиллированною водою; сквозь эту трубку пропустимъ воздухъ изъ мѣха, и въ то-же время будемъ дѣйствовать насосомъ, какъ и прежде. Посмотримъ теперь какой будетъ результатъ замѣненія влажнаго воздуха этой комнаты еще болѣе влажнымъ. Стрѣлка медленно движется, указывая возрастаніе непрозрачности, и наконецъ останавливается на 15°. И такъ, производя этотъ опытъ съ пластинками изъ каменной соли, и безъ нихъ, мы получаемъ одни и тѣ-же результаты, а потому ни въ какомъ случаѣ нельзя сказать, чтобы осажденіе паровъ на этихъ пластинкахъ имѣло вліяніе на отклоненіе стрѣлки. Нужно замѣтить, что результаты опытовъ, при правильномъ производствѣ ихъ, никогда не были сомнительными; они производились въ различныя времена года, приборъ разбирался нѣсколько разъ, и нѣкоторые замѣчательные ученые присутствовали при этомъ, чтобы убѣдится въ точности пріемовъ. Вхожденіе всякаго рода воздуха сопровождалось всегда однимъ и тѣмъ же характеризирующимъ его дѣйствіемъ на лучистую теплоту; при этомъ стрѣлка всегда наблюдалась весьма тщательно. Однимъ словомъ, нѣтъ ни однаго опыта надъ твердыми или жидкими тѣлами, который бы выполнялся съ такою отчетливостію, какъ тѣ, которые произведены нами надъ сухимъ и влажнымъ воздухомъ.

Не трудно вычислисть, сколько лучей на сто входящихъ поглощаетъ обыкновенный воздухъ въ части цилиндра, находящейся между *C* и *D*.

Поставивъ жестяной экранъ между экспериментальнымъ цилиндромъ и термо-электрическимъ столбикомъ, мы удалимъ одинъ изъ источниковъ теплоты, и отклоненіе, производимое другимъ источникомъ теплоты, будетъ означать все лучеиспусканіе въ даннномъ случаѣ. Это отклоненіе, выраженное въ принятой нами единици, почти равняется 1200; принятая же нами единица есть количество теплоты, которое необходимо для отклоненія стрѣлки отъ 0° до 1°.

Отклоненіе 54° производится силою, равною 50; слѣдовательно, поглощено влажнымъ воздухомъ

$$1200 — 50.$$

Слѣдующая пропорція показываетъ число поглощенныхъ на сто вошедшихъ лучей:

$$1200 \quad 100 = 50 \quad 4,2.$$

Слѣдовательно, по крайней мѣрѣ 4, 2 процента было поглощено парами, которые находились въ воздухѣ, занимавшемъ промежутокъ между *C* и *D*. Но воздухъ, вполнѣ насыщенный, поглощаетъ болѣе чѣмъ 5 процентовъ.

Нужно замѣтить, что это поглощеніе происходило несмотря на то, что теплота была какъ бы процѣжена, проходя черезъ комнатный воздухъ отъ источника къ *C* и отъ *D* до термо-электрическаго столбика. Комѣ этого влажный воздухъ вѣроятно не вполнѣ вытѣснялся сухимъ. Въ другомъ опытѣ съ трубою въ 4 фута длинны и полированною внутри, мы нашли, что атмосферные пары, при средней сухости дня, поглощали болѣе 6 на сто всей теплоты, испускаемой нашимъ источникомъ. Принимая землю за источникъ теплоты, безъ сомнѣнія, *по крайней мѣрѣ* 10 на сто этой теплоты будутъ поглощаться на пространствѣ 10 футовъ (*).

Это показываетъ, какое сильное вліяніе должны имѣть водяные пары на погоду. Но мы еще не устранили всѣхъ возраженій; такъ, напримѣръ, мнѣ возражали, что воздухъ лабораторіи можетъ быть нечистъ и можетъ заключать въ себѣ частицы угля, наполняющія вообще нашу лондонскую атмосферу, и поглощеніе теплоты, производимое этими частицами, мы будемъ ошибочно приписывать водянымъ парамъ.

На это можно возразить въ 1-хъ то, что тѣ же самые результаты мы получили и въ этой комнатѣ; во 2-хъ что употреблялся для опытовъ воздухъ, который приносился въ непроницаемыхъ мѣшкахъ изъ различныхъ мѣстностей. Въ результатѣ всегда получалось, что водяные пары, содержащіеся въ воздухѣ изо всѣхъ этихъ мѣстностей, изслѣдованные извѣстнымъ образомъ, производили въ семдесятъ разъ большее поглощеніе, чѣмъ тотъ воздухъ, въ которомъ они находились.

Кромѣ этого мы производили опытъ слѣдующимъ образомъ: высушили и тщательно очистили воздухъ лабароторіи, такъ что поглощеніе его было менѣе того, которое принято нами за единицу; послѣ этого

(*) Мы имѣемъ основаніе думать, что поглощеніе бываетъ гораздо значительнѣе, при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ.

мы пропустили этотъ воздухъ черезъ трубку, наполненную кусками чистаго стекла, смоченными дистиллированною водою. Проходя черезъ эту трубку, воздухъ уносилъ съ собою одни только водяные пары, которые въ экспериментальномъ цилиндрѣ производятъ въ 90 разъ большее дѣйствіе, чѣмъ тотъ воздухъ, который унесъ ихъ съ собою (*).

Но критика и на этомъ не останавливается. Предполагали, что пары, содержащіеся въ воздухѣ, входя въ экспериментальный цилиндръ, могутъ осаждаться на его внутренней полированной поверхности, и такимъ образомъ, уменьшая ея способность отражать теплоту, производятъ дѣйствіе, повидимому сходное съ поглощеніемъ ея.

Но отчего же могло произойти подобно подобное осажденіе влажности? Воздухъ, надъ которымъ производились наблюденія, былъ въ большей части случаевъ по крайней мѣрѣ на 25 процентовъ ниже своей точки насыщенія. При этомъ, очень трудно предположить, чтобы влажность подобнаго воздуха могла бы осаждаться на металлической поверхности, тѣмъ болѣе, что на нее въ это время были направлены лучи теплоты изъ нашего источника. Это возраженіе вообще весьма слабо.

Далѣе поглощеніе производится при самыхъ малыхъ упругостяхъ влажнаго воздуха, наполняющаго экспериментальный цилиндръ, и кромѣ того оно пропорціонально количеству или упругости воздуха. Прилагаемая таблица показываетъ поглощеніе, производимое влажнымъ воздухомъ, при упругости, измѣняющейся отъ 5 до 30 д. ртути.

Влажный воздухъ.

Упругость въ дюймахъ.	Поглощеніе.	
	Наблюденное.	Вычисленное.
5	16	16
10	32	32

(*) Тиндалль, кажется мнѣ, упускаетъ сдѣлать одно весьма рѣшительное опроверженіе на всѣ сомнѣнія относительно результатовъ его опытовъ, а именно слѣдующее: во время его опытовъ изслѣдованія производились всегда такимъ образомъ, что сухой воздухъ могъ отличаться отъ влажнаго исключительно присутствіемъ паровъ въ послѣднемъ. Если испытываемый воздухъ былъ нечистъ, то во всякомъ случаѣ въ сухомъ и влажномъ воздухѣ находились одинаковыя примѣси, и потому различіе въ количествахъ теплоты, поглощаемой сухимъ и влажнымъ воздухомъ, можетъ быть несомнѣнно приписано водянымъ парамъ.

А. Ш.

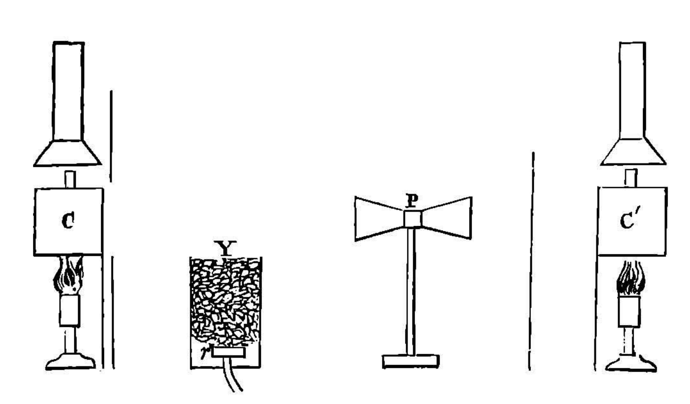
15	49	48
20	64	64
25	82	80
30	98	96

Третій столбецъ вычисленъ, основываясь на предположеніи, что поглощеніе пропорціонально количеству паровъ, находящихся въ цилиндрѣ, и справедливость этого предположенія подтверждается совпаденіемъ чиселъ втораго и третьяго столбцовъ. Нѣтъ никакаго основанія предполагать, чтобы явленія въ которыхъ замѣчено дѣйствіе одного и того же закона, и къ тому же совершенно сходныя съ тѣми, которыя были замѣчены надъ малыми количествами другихъ паровъ и даже надъ постоянными газами, зависѣло отъ осажденія паровъ на внутренней поверхности трубы.

Кромѣ того, когда упругость находящагося въ трубѣ воздуха равнялась 5 дюймамъ, то въ немъ было менѣе чѣмъ $^1/_6$ паровъ, необходимыхъ для его насыщенія. Воздухъ бываетъ болѣе влаженъ въ самый сухой день. Осажденіе паровъ при такихъ обстоятельствахъ совершенно невозможно; и тѣмъ болѣе такое сгущеніе, которое, дѣйствуя на внутреннюю отражающую поверхность трубы, уничтожало бы всегда количества теплоты, пропорціональныя количеству паровъ въ цилиндрѣ.

Но какъ бы ни были сильны эти доводы, — мнѣ хотѣлось рѣшить важный вопросъ не одними разсужденіями. Поэтому я оставилъ не только пластинки изъ каменной соли, но и экспериментальный цилиндръ, и производилъ свои наблюденія на открытомъ воздухѣ. Приборы располагались слѣдующимъ образомъ: кубъ *C* (фиг. 97), наполненный кипя-

Фиг. 97.



щею водою, есть источникъ теплоты, *Y*—мѣдный цилиндръ, 3,5 дюймовъ длины и 7,5 вышины, укрѣпленный, въ прямомъ положеніи; *P*—термо-электрическій столбикъ и *C'* — нейтрализирующій кубъ; между нимъ и столбикомъ *P*, помѣщается экранъ для того, чтобы соразмѣрять количество теплоты, падающей на заднюю часть столбика. Весь этотъ приборъ окружается ширмами, и внутреннее пространство дѣлится жестяными экранами на нѣсколько отдѣленій, отдѣленія же эти наполняются не слишкомъ туго бумагой, или конскимъ волосомъ. Предосторожность эта необходима для предупрежденія мѣстныхъ движеній воздуха и вообще для того, чтобы воспрепятствовать вліянію внѣшняго воздуха. Дѣйствіе, которое мы намѣрены измѣрить, такъ мало, что необходимо удаленіе всѣхъ пертурбаціонныхъ вліяній, которыя бы могли уменьшить ясность и отчетливость изслѣдованія. У основанія цилиндра *Y* находится лейкообразный рожокъ *r*, отъ котораго проводится каучуковая трубка къ мѣху съ воздухомъ. Цилиндръ *Y* сначала наполняется кусками горнаго хрусталя, смоченными дистиллированною водою. Производя давленіе на мѣхъ, мы будемъ выгонять изъ него воздухъ, который устремится вверхъ, пройдетъ между мокрыми кусками хрусталя, гдѣ сдѣлается влажнымъ; послѣ этаго онъ входитъ въ пространство между кубомъ *C* и столбикомъ. Стрѣлка, которая до этого стояла на нулѣ, по выходѣ влажнаго воздуха изъ цилиндра, тотчасъ начинаетъ двигаться и останавливается на 5°. Это отклоненіе показываетъ уменьшеніе теплопрозрачности пространства между источникомъ *C* и столбикомъ, что зависитъ отъ присутствія насыщеннаго парами воздуха.

Теперь удалимъ куски горнаго хрусталя и вмѣсто нихъ положимъ куски хлористаго кальція, сквозь которые пропустимъ струю воздуха, какъ и въ предыдущемъ опытѣ: этотъ воздухъ проходя черезъ хлористый кальцій, теряетъ всю свою влажность и послѣ этого замѣщаетъ обыкновенный воздухъ находившійся между столбикомъ и источникомъ. Стрѣлка при этомъ движется и останавливается на десяти градусахъ, — показывая увеличеніе прозрачности при замѣненіи обыкновеннаго воздуха сухимъ. Поступая такимъ образомъ, стрѣлку можно довести до отклоненія 15 или 20 градусовъ. Сколько бы мы не повторяли этотъ опытъ, всегда будемъ получать одни и тѣже результаты: влажный воздухъ постоянно будетъ уменьшать прозрачность, сухой же увеличивать ее. И такъ, несмотря на то, что при этомъ опытѣ надъ дѣйствіемъ паровъ на лучистую теплоту были удалены не только соляныя пластинки и самая труба, результаты остаются одни и тѣже.

Важность этого предмета побудила насъ остановиться такъ долго на немъ. Я считалъ необходимымъ разобрать всѣ возможныя возражежения для того, чтобы метеорологи пользоваться безъ малѣйшаго сомнѣнія результатами нашего изслѣдованія. Намъ кажется, что приложеніе нашихъ выводовъ къ метеорологіи можетъ принести громадную пользу этой наукѣ. Недостаточность свѣденій по этому предмету къ сожалѣнію лишаетъ меня самого возможности сдѣлать это приложеніе; но я скажу нѣсколько словъ по крайней мѣрѣ о нѣкоторыхъ явленіяхъ, съ которыми полученные результаты имѣютъ болѣе или менѣе тѣсную связь.

Прежде всего нужно замѣтить, что пары также хорошо испускаютъ теплоту, какъ и поглощаютъ ее. Я думаю, что подъ тропиками это играетъ важную роль. Намъ извѣтно, что, вслѣдствіе дѣйствія солнца, большое количество паровъ подымается отъ экваторіальнаго океана; пары эти, подымаясь, сгущаются и возвращаются на землю въ странѣ безвѣтрія въ видѣ страшныхъ ливней. Это явленіе до сихъ поръ объясняли охлажденіемъ воздуха при переходѣ его въ верхніе слои атмосферы, и нельзя не согласиться, что поднятіе воздуха вверхъ, если бы оно на самомъ дѣлѣ имѣло мѣсто, могло бы произвести такое дѣйствіе. Но намъ кажется, что въ этомъ случаѣ играетъ также не маловажную роль испусканіе лучей теплоты самими парами. Представимъ себѣ подымающійся надъ экваторомъ столбъ насыщеннаго парами воздуха; въ теченіи нѣкотораго времени подымающійся влажный воздухъ окруженъ со всѣхъ сторонъ почти насыщеннымъ парами воздухомъ, при чемъ пары согрѣваютъ себя взаимно выдѣляемою ими теплотою. Нужно замѣтить, для лучей испускаемыхъ парами пространство, наполненное парами, бываетъ въ высшей степени не прозрачно; вслѣдствіе этого лучеиспусканіе нашего подымающагося столба задерживается окружающимъ его влажнымъ воздухомъ и теплота, испускаемая столбомъ, снова возвращается ему, такъ что осажденіе паровъ при такихъ обстоятельствахъ ни въ какомъ случаѣ не будетъ имѣть мѣста. Но количество водныхъ паровъ въ воздухѣ быстро уменьшается съ поднятіемъ вверхъ, и упругость ихъ убываетъ съ высотою гораздо быстрѣе, чѣмъ упругость воздуха (какъ это показали наблюденія Гукера, Страчи и Уэлша). Наконецъ нашъ влажный воздухъ возвышается надъ задерживающими и вознаграждавшими его лучеиспусканіе парами, которые, въ первое время восхожденія, окружали его. Попавши въ чистое пространство, онъ испускаетъ свои лучи безъ всякихъ препятствій и вознаграж-

деній, — и этой-то потерѣ теплоты слѣдуетъ отчасти приписать сгущеніе паровъ и низверженіе ихъ на землю въ видѣ ливней.

Тѣ же самыя замѣчанія можно приложить и къ образованію кучевыхъ облаковъ въ нашихъ широтахъ; они составляютъ вершину столбовъ пара, восходящихъ отъ земли и сгущающихся, какъ только достигнутъ извѣстной высоты. Такимъ образомъ видимое нами облако составляетъ, такъ сказать, капитель невидимаго столба насыщеннаго парами воздуха. Понятно, что подобный столбъ, поднявшись надъ слоемъ паровъ, обнимающихъ землю, вступаетъ въ пространство, гдѣ охлаждается вслѣдствіе лучеиспусканія. Въ этомъ одномъ заключается физическая причина для образованія облаковъ. Горы дѣйствуютъ какъ холодильники, но какимъ образомъ? Здѣсь безъ сомнѣнія отчасти дѣйствуетъ низкая температура ихъ собственныхъ массъ, зависящая отъ ихъ высоты. Онѣ не окружены покрываломъ изъ паровъ, которые имѣли бы плотность, достаточную для того, чтобы задерживать выдѣляемую горами теплоту; теплота поэтому истрачивается безъ всякаго вознагражденія. Потеря эта въ отсутствіи солнца преимущественно имѣетъ мѣсто, что и обнаруживается быстрымъ и большимъ пониженіемъ термометра, которое, нужно замѣтить, зависитъ отъ лучеиспусканія не воздуха, а земли или самаго термометра. Такимъ образомъ разница между термометромъ, обставленнымъ такъ, чтобы онъ показывалъ истинную температуру ночнаго воздуха, и другимъ, выдѣляющимъ свободно лучистую теплоту, должна быть больше на высокихъ, чѣмъ на низкихъ мѣстахъ. Этотъ фактъ вполнѣ подтверждается наблюденіями. Такъ напримѣръ на Grand-Plateau Монблана гг. Мартенъ и Браве нашли, что разность между двумя термометрами доходила до 24° *F* между тѣмъ какъ въ Шамуни она не превышала 10° *F*. Но кромѣ этого горы дѣйствуютъ также какъ холодильники, заставляя влажные вѣтры отклоняться вверхъ, — вслѣдствіе чего происходитъ расширеніе и охлажденіе, зависящее въ этомъ случаѣ отъ той же причины, отъ которой зависитъ охлажденіе восходящаго столба теплаго воздуха: подымающійся воздухъ производитъ работу, на которую потребляется соотвѣтствующее работѣ количество теплоты. Но къ числу причинъ можно отнести еще способность лучеиспусканія, которою обладаетъ влажный воздухъ, поднявшійся такимъ образомъ вверхъ. Подымаясь, онъ возвышается надъ слоемъ пара, прилегающимъ къ землѣ, и вслѣдствіе этого выдѣляетъ въ окружающее пространство лучистую теплоту, что необходимо сопровождается его собственнымъ охлажденіемъ и сгущеніемъ паровъ.

Можно безошибочно сказать, что чрезвычайно большая способность лучеиспусканія воды, во всѣхъ ея видахъ, имѣетъ громадное вліяніе на осажденіе паровъ на вершинахъ горъ. Находясь въ состояніи пара, она испускаетъ свою теплоту въ пространство, чѣмъ ускоряется сгущеніе пара; въ жидкомъ состояніи она, выдѣляя свою теплоту въ пространство, способствуетъ замерзанію; наконецъ и въ видѣ снѣга она выдѣляетъ въ пространство теплоту, и такимъ образомъ превращаетъ покрытую снѣгомъ поверхность въ холодильникъ, болѣе сильный, чѣмъ могъ бы онъ быть безъ того. Между многими удивительными свойствами воды, ея свойство сообщать движеніе теплоты міровому эѳиру, не менѣе другихъ замѣчательно.

Земная поверхность, если бы она не была окружена водяными парами, испускала бы теплоту точно также, какъ пары, поднявшіеся вверхъ, потому что воздухъ задерживаетъ лучистую теплоту почти также мало, какъ пустое пространство. Захожденіе солнца въ нѣкоторыхъ странахъ, окруженныхъ сухою атмосферою, должно сопровождаться охлажденіемъ. Вслѣдствіе этой одной причины луна напримѣръ сдѣлалась бы совершенно необитаемою;—вслѣдствіе испусканія теплоты, не задерживаемой водяными парами, разница между ея мѣсячными maxima и minima должна бы сдѣлаться громадною. Зимы въ Тибетѣ по этой же причинѣ почти невыносимы. Крутой поворотъ изотермическихъ линій съ Сѣвера во внутренность Азіи служитъ доказательствомъ низкой температуры этихъ странъ.

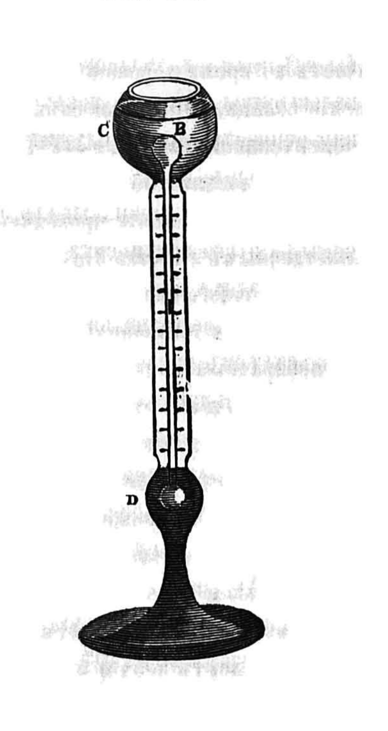
Гумбольтъ приписывалъ это особенному холоду въ центральныхъ частяхъ этого континента и оспаривалъ объясненіе, приписывавшее холодъ въ этихъ странахъ высотѣ ихъ положенія, потому что извѣстны громадныя пространства, едва возвышающіяся надъ уровнемъ моря, и вмѣстѣ съ тѣмъ чрезвычайно холодныя. Но не будучи знакомъ съ тѣми свойствами паровъ, которыя мы изучили, Гумбольтъ, кажется намъ, упустилъ изъ виду одну изъ самыхъ важныхъ причинъ, отъ которыхъ зависитъ холодъ центральной Азіи. Въ отсутствіи солнца ночью и при сухомъ воздухѣ происходитъ всегда довольно сильное охлажденіе. Если бы удалить на одну только ночь водяные пары изъ атмосферы, покрывающей Англію, то произошло бы такое сильное охлажденіе, что уничтожились бы всѣ растенія, которыя не могутъ выносить мороза.

Въ Сагарѣ даже, гдѣ «земля—огонь, а вѣтеръ—пламя», охлажееніе по ночамъ бываетъ такъ сильно, что его трудно вынести;—здѣсь въ теченіи ночи вода можетъ замерзать. Въ Австраліи также суточныя измѣ-

ненія температуры очень велики, такъ что вообще колеблются между 40 и 50 градусами. Однимъ словомъ, тамъ гдѣ воздухъ *сухъ*, можно безошибочно предсказать, что суточныя измѣненія температуры велики. Но нельзя однакоже сказать, что при *ясномъ* воздухѣ измѣненія температуры будутъ очень велики. Прозрачность для свѣта вполнѣ совмѣстима съ непрозрачностію для теплоты; при совершенно голубомъ небѣ атмосфера можетъ быть вполнѣ несыщена парами, и, насмотря на эту «ясность», земное лучеиспусканіе будетъ задерживаться.

Такимъ образомъ мы пришли къ легкому объясненію явленія, которое очевидно затрудняло Джона Лесли. Этотъ извѣстный экспериментаторъ устроилъ инструментъ, названный имъ *этріоскопомъ* (oethrioscope), который назначался для опредѣленія лучеиспусканія на открытомъ воздухѣ. Онъ состоялъ изъ двухъ шариковъ, соединенныхъ между собою стеклянною трубкою столь узкою, что маленькій столбъ жидкости могъ держаться въ ней вслѣдствіе притяженія къ стѣнкамъ трубки. Нижній шарикъ *D* (фиг. 98), защищаемый металлическою оправою, показывалъ температуру воздуха; верхній *B* покрывался сажею и былъ окруженъ металлическою чашкою *C*, которая защищала шарикъ отъ дѣйствія земнаго лучеиспусканія.

Фиг. 98.



«Этотъ приборъ» говоритъ его изобрѣтатель, «выстановленный на открытой воздухъ при ясной погодѣ, покажетъ, во всякое время дня и ночи, дѣйствіе притока холода съ высоты на землю... Приборъ чрезвычайно чувствителенъ, потому что при прохожденіи облака капля жидкости въ трубкѣ всегда опускается и подымается. Но причина различныхъ движеній капли не всегда очевидна. При чистомъ голубомъ небѣ этріоскопъ иногда показывалъ охлажденіе на 50 тысячныхъ градусоа, между тѣмъ какъ на другой день, *когда воздухъ по видимому также чистъ*, онъ показывалъ охлажденіе

едва на 30_0». Эти аномаліи очень просто объясняются разностью въ количествахъ водяныхъ паровъ въ атмосферѣ въ данную минуту.

Правда, Лесли самъ говоритъ о дѣйствіи водяныхъ паровъ слѣдующимъ образомъ: «вѣроятно упругость водяныхъ паровъ въ воздухѣ дѣйствуетъ на приборъ.» Но въ сущности это нисколько не зависитъ отъ «упругости», а происходитъ отъ водяныхъ паровъ, которые препятствуютъ лучеиспусканію изъ этріоскопа, между тѣмъ какъ въ отсутствіи ихъ лучеиспусканіе происходитъ свободно. Вообще по отношенію къ земному лучеиспусканію нужно составить новое понятіе о «ясномъ днѣ»; понятно, что наблюдая помощію пиреліометра (*) въ по видимому одинаково ясные дни, получимъ совершенно различные результаты. Такъ что можно положительно сказать, что испусканіе лучей этимъ инструментомъ задерживается иногда и при безоблачномъ небѣ. Если-бы можно было видѣть составъ атмосферы и заключающіеся въ ней водяные пары, то этотъ результатъ намъ былъ бы вполнѣ понятенъ.

Въ связи съ этимъ предметомъ находится теорія Меллони, предложенная имъ для объясненія образованія мелкаго дождя, падающаго иногда при ясномъ небѣ и въ хорошую погоду (sérein). «Многіе авторы», пишетъ этотъ замѣчательный ученый, «тончайшій дождь, который иногда падаетъ во время хорошей погоды, при ясномъ небѣ вскорѣ послѣ захожденія солнца, приписываютъ охлажденію, происходящему вслѣдствіе лучеиспусканія воздуха.»—«Но» продолжаетъ онъ, «такъ какъ мы еще не имѣемъ достаточно фактовъ, доказывающихъ существованіе способности лучеиспусканія у прозрачныхъ упругихъ жидкостей, то я нахожу болѣе удобнымъ *etc etc*». Но если бы для подтвержденія этой теоріи достаточно было одного этого факта, то на нее теперь можно было бы смотрѣть какъ на вполнѣ доказанную, потому что теперь уже извѣстно, что упругія и прозрачныя жидкости дѣйствительно обладаютъ способностію лучеиспусканія. Однако это охлажденіе не можетъ быть приписано лучеиспусканію воздуха, а зависитъ напротивъ отъ испусканія теплоты тѣмъ самымъ тѣломъ, которое, при сгущеніи, образуетъ этотъ дождь.

На сколько мы можемъ судить, намъ кажется, что водяные пары и жидкая вода поглощаютъ одинаковые лучи, другими словами, что цвѣта чистой воды и паровъ одинаковы. Присутствіе паровъ слѣдовательно обусловливаетъ голубой цвѣтъ атмосферы. Кажется уже было замѣчено, что голубой цвѣтъ неба и отдаленныхъ холмовъ обыкновенно становится

(*) Приборъ этотъ описанъ въ XII лекціи.

гуще по мѣрѣ скопленія въ воздухѣ водяныхъ паровъ; — но вещество, измѣняющее густоту цвѣта должно разсматривать, какъ причину цвѣта. Можно ли небесную лазурь — одинъ изъ самыхъ трудныхъ въ метеорологіи вопросовъ — объяснить этимъ путемъ, мы въ настоящую минуту не беремся судить.

ПРИБАВЛЕНІЕ КЪ XI ЛЕКЦІИ.

Извлеченіе изъ статьи, помѣщенной въ Phylosophical transactions за 1862 г: «О поглощеніи и лучеиспусканіи теплоты газообразными тѣлами».

«Занимаясь опытами надъ водяными парами, мы пришли къ результатамъ, которые даютъ намъ право сказать, что дѣйствіе водяныхъ паровъ на лучистую теплоту не только измѣримо, но и *можетъ служить мѣрою* атмосферной влажности, такъ что экспериментальная труба, употребляемая нами при прежнихъ опытахъ, превращается такимъ образомъ въ самый чувствительнѣйшій гигрометръ. Къ несчастію мы не можемъ изложить этого предмета съ должною полнотою, но во всякомъ случаѣ полученные нами результаты представляютъ не мало интереса.

Во многихъ случаяхъ я сравнивалъ комнатный воздухъ съ тѣмъ-же воздухомъ послѣ того, какъ онъ былъ пропущенъ черезъ сушильныя трубки. Принявши дѣйствіе сухаго воздуха за единицу или, вѣрнѣе, предположивши, что оно болѣе или менѣе приближается къ единицѣ (потому что температура источника теплоты не всегда была одинакова), мы получили слѣдующія поглощенія невысушеннаго воздуха въ слѣдующіе дни

Поглощеніе невысушеннаго воздуха.

Октябрь	23	63	Ноябрь	1	50
»	24	62	»	4	58
»	29	65	»	8	49
»	31	56	»	12	62

Почти $^9/_{10}$ поглощенія произведены водяными парами, которые,

какъ видно, въ нѣкоторыхъ случаяхъ превосходятъ дѣйствіе воздуха, въ которомъ они находятся, почти въ 60 разъ.

Опыты, произведенные нами надъ водяными парами, были многочисленные и разнообразные, и мы употребляли всѣ силы, чтобы не впасть въ ошибки.

Воздухъ мы дѣлали влажнымъ различнымъ образомъ: или пропускали его въ видѣ пузырьковъ сквозь воду, или черезъ поры погруженнаго въ воду камыша. Между сушильнымъ аппаратомъ и экспериментальною трубою мы вводили трубки, наполненныя кусками стекла, смоченными водою, и черезъ эти трубки пропускали воздухъ;—полученное при этомъ поглощеніе обыкновенно превышало поглощеніе сухаго воздуха болѣе чѣмъ въ 80 разъ. Потомъ пропускали воздухъ комнаты черезъ куски сухаго стекла, которые сгущали часть паровъ, и получали поглощеніе въ 50 разъ большее, чѣмъ поглощеніе сухаго воздуха. Далѣе мы взяли свертокъ пропускной бумаги, вложили въ стеклянную трубу, пропустили черезъ нее сухой воздухъ и повторяли это пять разъ съ тою же бумагою, опредѣляя каждый разъ поглощеніе воздуха.

Вотъ результаты:

	Всасываніе.
№ 1	72
№ 2	62
№ 3	62
№ 4	47
№ 5	47

На самомъ дѣлѣ дѣйствіе водяныхъ паровъ на лучистую теплоту таково, какъ слѣдовало ожидать отъ паровъ жидкости, причисляемой Меллони къ тѣламъ наилучше поглощающимъ теплоту изъ всѣхъ тѣлъ, которыя онъ имѣлъ случай наблюдать. Каждое утро, начиная опыты, мы имѣли случай наблюдать интересный примѣръ способности стекла собирать влажность на своей поверхности. Установимъ трубу и вытянемъ изъ нея сколько возможно воздухъ. При вхожденіи въ первый разъ сухаго воздуха стрѣлка подвинется отъ 0° на 50°; при вытягиваніи воздуха, стрѣлка возвратится на 0, а при вторичномъ впущеніи сухаго воздуха она отклоняется только на 40°. Продолжая такимъ образомъ вытягивать и впускать воздухъ, можно довести эти постоянно уменьшающіяся отклоненія до нуля. Это явленіе происходило вслѣдствіе собравшейся во время ночи влажности на внутренней поверхности

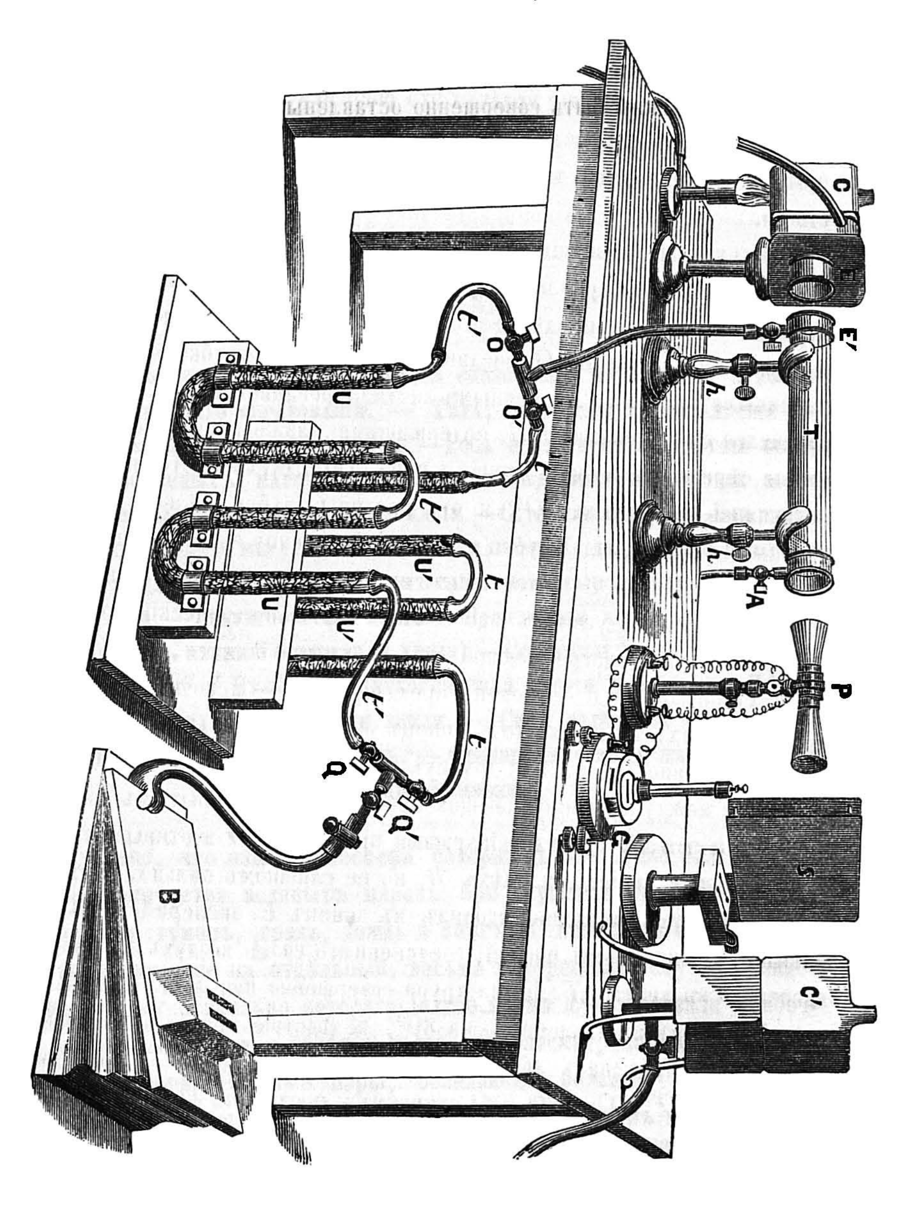
трубы, которая потомъ растворялась входившимъ воздухомъ и уносилась вмѣстѣ съ нимъ. Эти пары при первомъ, второмъ и даже третьемъ вхожденіи сухаго воздуха въ отверстіе цилиндра, обращенное къ источнику теплоты, осаждались на другомъ, болѣе холодномъ концѣ трубы въ видѣ росы, которая покрывала цилиндръ на разстояніи почти одного фута; при вытягиваніи же воздуха эта роса исчезала.

Изъ этого можно заключить, какъ легко вообще впасть въ ошибку, а потому мы принимали всевозможныя предосторожности, чтобы избѣгнуть ее.

Чтобы устранить всякія сомнѣнія, мы совсемъ удаляли пластинки изъ каменной соли и поступали слѣдующимъ образомъ: (фиг. 99) къ трубкѣ, идущей отъ мѣха B, придѣлывается приборъ, имѣющій форму буквы T съ кранами QQ'. Кранъ Q' соединяется съ двумя трубками $U'U'$, наполненными кусками, смоченными дистиллированною водою. Кранъ Q соединялся съ трубками UU, содержащими также куски стекла, смоченные сѣрною кислотою. Другіе концы этихъ двухъ системъ трубокъ соединялись съ кранами OO', и отъ средины трубки, въ которую были вдѣланы эти краны, шла трубка къ открытому концу экспериментальнаго цилиндра E'. Кранъ A, находящійся на другомъ концѣ этого цилиндра, соединяется съ воздушнымъ насосомъ. Термоэлектрическій столбикъ P, экранъ S, и вознаграждающій кубъ C' употребляются, какъ и при прежнихъ опытахъ. E — конецъ преддверія, C — источникъ теплоты. При нѣкоторыхъ опытахъ этотъ конецъ оставался закрытымъ пластинкою изъ каменной соли, при другихъ-же онъ былъ открытъ, при чемъ разстояніе между лучеиспускающею поверхностію и открытымъ концемъ E', было почти 12 футовъ. Закрывши краны Q и O и открывши Q' и O' производили давленіе на мѣхъ B, но не слишкомъ сильно, такъ что влажный воздухъ медленно входилъ въ конецъ E' экспериментальнаго цилиндра. Посредствомъ насоса, соединеннаго съ A воздухъ постепенно втягивался въ трубку T. Когда труба совершенно наполнена влажнымъ воздухомъ, стрѣлка отклонится на 30°, вслѣдствіе преобладанія вознаграждающаго куба надъ другимъ источникомъ теплоты C. Закроемъ теперь краны Q' и Q', а Q и O откроемъ; поступая, какъ и прежде, впустимъ въ трубу черезъ конецъ E струю сухаго воздуха. Такимъ образомъ мы замѣнимъ влажный воздухъ сухимъ. Въ это время стрѣлка медленно будетъ возвращаться къ нулю, что и служитъ доказательствомъ того, что черезъ сухой воздухъ проходитъ болѣе теплоты, нежели сквозь влажный. Двадцать разъ повторимъ это замѣненіе сухаго

воздуха влажнымъ и на оборотъ, — въ результатѣ будетъ постоянно одно и тоже: при вхожденіи влажнаго воздуха стрѣлка отъ нуля откло-

Фиг. 99.



няется къ 30°, между тѣмъ какъ при вхожденіи сухаго, она снова возвращается на нуль. При замѣщ еніи воздуха, мы употребляли воздуш-

ный насосъ, именно потому, что когда я пробовалъ перемѣнять воздухъ мѣхомъ, то это дѣйствовало на температуру столба или источника, вслѣдствіе чего опыты запутывались. И такъ въ заключеніе прибавимъ, что повторяя эти опыты, не только надъ водяными, но и надъ другими парами, мы пришли къ положительному убѣжденію, что всѣ сомнѣнія касательно употребленія пластинокъ изъ каменной соли при такихъ изслѣдованіяхъ должны быть совершенно оставлены».

ЛЕКЦІЯ XII.

Роса. — Необходимость яснаго неба и спокойной, но влажной атмосферы для ея обильнаго образованія. — Тѣла, покрытыя росою, лучше испускаютъ теплоту, чѣмъ непокрытыя.—Роса образуется вслѣдствіе осажденія атмосферныхъ паровъ на тѣла, охлажденныя вслѣдствіе испусканія теплоты.—Лунное лучеиспусканіе.—Строеніе солнца.—Блестящія линіи въ спектрахъ металловъ.—Паръ, нагрѣтый до высокой температуры, поглощаетъ лучи, которые онъ самъ можетъ испускать.—Обобщеніе Киршгофа.—Фраунгоферовы линіи.—Приложеніе химіи къ изслѣдованію солнечныхъ явленій (солнечная химія).—Солнечное лучеиспусканіе.—Опыты Гершеля и Пулье. — Метеорическая теорія Мейера. — Вліяніе прилива и отлива на вращеніе земли. — Сила солнечной системы. — Гельмгольцъ, Томсонъ и Уатерсонъ. — Отношеніе солнца къ животной и растительной жизни.

Извѣстно, что наша атмосфера содержитъ постоянно большія или меньшія количества водяныхъ паровъ, при сгущеніи которыхъ образуются облака, туманъ, градъ, дождь и снѣгъ. Я намѣренъ обратить теперь ваше вниманіе на отдѣльный, весьма интересный случай осажденія паровъ, относительно котораго долгое время существовали ошибочныя мнѣнія. Я говорю о явленіи росы, къ разсматриванію котораго я перехожу теперь. Водяные пары, обладающіе большою способностію испускать лучистую теплоту, содержатся въ воздухѣ въ такомъ количествѣ, что масса послѣдняго обыкновенно болѣе чѣмъ во сто разъ превосходитъ массу паровъ. Слѣдовательно не только собственная теплота паровъ, но и теплота большой массы окружающаго ихъ воздуха должна быть выдѣлена парами, прежде нежели они дойдутъ до темпера-

ры, при которой можетъ начаться сгущеніе. Медленность, съ которою происходитъ охлажденіе паровъ, окруженныхъ влажнымъ воздухомъ, дѣлаетъ то, что тѣла, находящіяся на земной поверхности, и хорошо испускающія теплоту, охлаждаются болѣе, чѣмъ окружающій ихъ влажный воздухъ; поэтому водяной паръ можетъ осаждаться на нихъ въ видѣ росы или даже инея, между тѣмъ какъ немного выше надъ поверхностію земли пары еще остаются въ газообразномъ состояніи. Въ этомъ и заключается истинная причина этого великолѣпнаго явленія. Мы много обязаны одному английскому ученому за его теорію образованія росы.—1818 году докторъ Уэлсъ опубликовалъ свои прекрасные опыты относительно этого предмета. Для собиранія росы онъ употреблялъ небольшіе комки шерсти, изъ которыхъ каждый, будучи хорошо высушенъ, вѣсилъ 10 гранъ. Когда ихъ выставляли на воздухъ вовремя ясной ночи, вѣсъ ихъ увеличивался, что происходило вслѣдствіе осажденія на нихъ росы. Онъ вскорѣ замѣтилъ, что все находящееся между небомъ и поверхностію земли, на которой находились шерстяные клочки, имѣло вліяніе на осажденіе росы. Онъ взялъ доску на четырехъ подставкахъ и положилъ одинъ шерстяной комокъ на нее, а другой такой же подъ нее; въ продолженіи тихой и ясной ночи, вѣсъ перваго увеличился на 14 грановъ, вѣсъ же втораго только на 4. Потомъ онъ согнулъ картонный листъ на подобіе домовой крыши и положилъ подъ него на траву клочекъ шерсти: такимъ образомъ прикрытый клочекъ пріобрѣлъ только 2 грана вѣсу, между тѣмъ какъ другой положенный прямо на травѣ, безъ всякой покрышки, собралъ 16 гранъ влажности.

Относительно образованія росы существовали различныя мнѣнія. Одни предполагали, что она происходитъ отъ земнаго испаренія, другіе, что это есть мельчайшій дождь съ неба. То и другое мнѣніе были равно защищаемы. Но что роса не зависитъ отъ земныхъ испареній, между прочимъ доказывается тѣмъ, что влажности собирается больше на столѣ, чѣмъ на лежащей подъ нимъ земной поверхности; доказательствомъ же того, что это не есть мелкій дождь, служитъ фактъ, что наибольшее количество росы собирается въ ясныя ночи. Уэлсъ, дѣлая опыты съ шерстяными клочьями, употреблялъ также термометръ и нашелъ, что въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ роса осаждалась въ большомъ количествѣ, температура всегда была самая низкая. На доскѣ, укрѣпленной на четырехъ подставкахъ, температура оказалась на 9° ниже, чѣмъ подъ нею; подъ картонною крышею температура была на 10° вы-

ше, чѣмъ на открытой травѣ. Далѣе онъ нашелъ, что когда онъ во время ясной ночи клалъ термометръ прямо на траву, то температура иногда упадала на 14° ниже той, которую показывалъ термометръ, повѣшенный на открытомъ воздухѣ и на четыре фута надъ травою. Вѣсъ куска хлопчатой бумаги, помѣщенной около перваго термометра, увеличился на 20 гранъ; вѣсъ же куска, помѣщеннаго около втораго, только на 11. Такимъ образомъ пониженіе температуры и осажденіе росы шли рука объ руку. Кромѣ этого, не только искуственная перегородка мѣшала пониженію температуры и образованію росы, но и тѣнь облаковъ дѣйствовала такимъ же образомъ. Онъ замѣтилъ однажды что температура термометра, лежавшаго на травѣ, и бывшая на 12 градусовъ ниже температуры термометра, повѣшеннаго немного выше надъ травою, возвысилась при прохожденіи облаковъ до такой степени, что отличалась отъ температуры втораго термометра только на 2 градуса. И на самомъ дѣлѣ, по мѣрѣ того какъ облака наклонялись, или расходились, температура термометра то возвышалась, то понижалась.

Основываясь на подобныхъ опытахъ, произведенныхъ съ должною точностію и искусствомъ, Уэлсъ предложилъ теорію образованія росы, которая, выдержавъ должную критику, была единодушно принята всѣми.

Роса есть результатъ охлажденія, производимаго испусканіемъ лучей теплоты. «Верхняя часть дерна испускаетъ свою теплоту въ пространство, которое не возвращаетъ землѣ теряемой ею теплоты. Вслѣдствіе малой теплопроводности земли она проводитъ небольшое количество земной теплоты изнутри къ верхней части земли, которая, получая очень мало теплоты изъ атмосферы и не имѣя для этого никакихъ другихъ источниковъ, остается холоднѣе воздуха, и потому сгущаетъ заключающіеся въ немъ водяные пары и превращаетъ ихъ въ росу, въ томъ случаѣ конечно, если только содержащіеся въ воздухѣ пары насыщаютъ его при температурѣ дерна». Почему пары, обладающіе сами способностью лучеиспусканія не такъ быстро охлаждаются, какъ трава, я имѣлъ уже случай объяснить, а именно потому, что пары должны испустить не только свою собственную теплоту, но и теплоту всей массы окружающаго ихъ воздуха.

Такъ какъ роса образуется вслѣдствіе сгущенія атмосферныхъ паровъ и осажденія ихъ на тѣлахъ, достаточно охлажденныхъ испусканіемъ лучистой теплоты, и такъ какъ тѣла неодинаково одарены способностію лучеиспусканія, то мы должны ожидать что количества росы, осаждающейся на различныхъ тѣлахъ, различны. Вотъ случаи, приводи-

мые Уэлсомъ. Онъ часто наблюдалъ, что роса въ большомъ количествѣ осаждалась на травѣ и на окрашенномъ деревѣ, между тѣмъ какъ ничего подобнаго не замѣчалось на близь лежащей аллеѣ, усыпанной пескомъ. Металлическія пластинки, выставленныя ночью на воздухъ, оставались совершенно сухими, между тѣмъ какъ другія тѣла были покрыты росою: во всѣхъ подобнаго рода случаяхъ температура металла была выше температуры тѣла покрытаго росою. Это согласно вполнѣ съ нашими прежними изслѣдованіями, изъ которыхъ оказалось что металлы принадлежатъ къ тѣламъ, наихуже испускающимъ лучистую теплоту. Однажды Уэлсъ положимъ на траву металлическую тарелку, въ которой находился стеклянный термометръ; черезъ нѣсколько времени на термометрѣ показалась роса, между тѣмъ какъ тарелка осталась совершенно сухою. Это дало ему поводъ думать, что инструментъ, лежавшій въ тарелкѣ, не принимаетъ ея температуры; чтобы убѣдиться въ этомъ, онъ взялъ другой термометръ съ позолоченнымъ шарикомъ и положилъ его рядомъ съ первымъ; оказалось, что стеклянный, ничѣмъ непокрытый термометръ былъ на 9° холоднѣе позолоченнаго, потому что первый хорошо испускаетъ теплоту. Нужно замѣтить, что вообще очень трудно опредѣлить истинную температуру тѣла: стеклянный термометръ, выставленный на воздухъ, не даетъ намъ точнаго опредѣленія температуры воздуха, потому что въ этомъ случаѣ играетъ немаловажную роль его свойство испускать или поглощать теплоту. Въ ясный день, при сіяніи солнца, термометръ будетъ теплѣе окружающаго его воздуха; въ ясную-же ночь, напротивъ, — онъ будетъ холоднѣе воздуха. Мы видѣли, что проходящія облака могутъ въ нѣсколько минутъ возвысить температуры термометра на 10°. Если мы и замѣчаемъ это повышеніе температуры, то оно ни чуть не означаетъ такого же возвышенія температуры воздуха, а только задерживаніе облаками и отраженіе отъ нихъ лучистой теплоты, испускаемой термометромъ.

Уэлсъ приложилъ также свою теорію къ объясненію многихъ интересныхъ явленій и способствовалъ уничтоженію ходячихъ и несправедливыхъ повѣрій. Помраченіе луны, по его мнѣнію, зависитъ отъ охлажденія, производимаго испусканіемъ лучистой теплоты въ пустое пространство,—такъ что свѣтъ луны есть небольше, какъ принадлежность ясной атмосферы. Способствованіе гніенію, приписываемое лунному свѣту, въ сущности происходитъ отъ осажденія влажности въ родѣ росы на различныхъ животныхъ веществахъ. Повреждение нѣжныхъ растеній морозомъ, происходящее иногда въ тѣхъ случаяхъ, когда темпера-

тура воздуха въ садахъ на нѣсколько градусовъ выше точки замерзанія, зависитъ также отъ охлажденія ихъ вслѣдствіе испусканія ими лучистой теплоты, и самое легкое покрывало можетъ предохранить ихъ отъ этой порчи (*).

Къ числу заслугъ Уэлса нужно отнести и то, что онъ былъ первый, который объяснилъ искуственное образованіе льда въ Бенгалѣ, гдѣ ледъ никогда не образуется естественнымъ путемъ. Для этого обыкновенно вырывается не слишкомъ глубокая яма, на дно которой кладутъ немного соломы и на нее ставятъ въ ясную ночь нѣсколько плоскихъ сосудовъ съ прокипяченою водою. Такъ какъ вода обладаетъ въ высшей степени способностію испускать лучистую теплоту, то она и выдѣляетъ ее въ большомъ количествѣ въ окружающее ее пространство. Теплота, теряемая такимъ образомъ водою, не можетъ вознаградиться притокомъ теплоты изъ земли, потому что сосуды отдѣлены отъ земли худымъ проводникомъ—соломою. До восхожденія солнца въ каждомъ сосудѣ вода покроется ледяною корою. Таково объясненіе Уэлса, и оно безъ сомнѣнія справедливо, хотя, мнѣ кажется, требуетъ еще нѣсколькихъ дополненій. Изъ этого описанія можно заключить, что для образованія льда необходима не только ясная погода, но и сухой воздухъ. Робертъ Баркеръ говоритъ, что льду больше всего образуется въ совершенно ясныя ночи, въ *которыя роса послѣ полуночи образуется въ очень незначительномъ количествѣ*. Я нарочно подчеркиваю эту фразу, потому что она очень знаменательна. Дѣйствительно для обильнаго образованія льда нужна не только ясная атмосфера, но она должна быть болѣе или менѣе свободна отъ водяныхъ паровъ.

Когда солома, на которой ставится сосудъ, дѣлается влажною, то необходимо постоянно замѣнять ее сухою, потому что, какъ объясняетъ

(*) Относительно этого мы приводимъ слѣдующее мѣсто изъ «Опытовъ» Уэлса: «гордясь своими учеными свѣденіями, хотя далеко несовершенными, я не разъ смѣялся надъ средствами, употребляемыми садовниками для предохраненія нѣжныхъ растеній отъ холода, — такъ какъ мнѣ казалось совершенно невозможнымъ, чтобы какая нибудь тонкая матерія могла защитить растенія отъ принятія ими температуры атмосферы, которую я считалъ единственною причиною этого поврежденія. Но когда я узналъ, что тѣла, находящіяся на земной поверхности, въ продолженіе тихой и ясной ночи, дѣлаются холоднѣе окружающаго ихъ воздуха вслѣдствіе испусканія ими лучистой теплоты, я убѣдился въ положительной пользѣ этихъ средствъ, которыя прежде мнѣ казались безполезными».

Уэлсъ, солома, получая влажность, сплачивается и лучше проводитъ теплоту. Это быть можетъ справедливо, но извѣстно также, что пары, подымаясь отъ влажной соломы, окружаютъ сосудъ на подобіе покрывала и такимъ образомъ препятствуютъ охлажденію, а слѣдовательно замедляютъ и самое замораживаніе.

Уэлсъ въ теченіе всей своей жизни, не смотря на разстроенное здоровье, продолжалъ и дополнялъ свои прекрасныя изслѣдованія, и только передъ смертью издалъ свой «Опытъ». Сочиненіе это можетъ служить образцомъ разумныхъ изслѣдованій и яснаго изложенія. Онъ не спѣшилъ, но не переставалъ заниматься своимъ предметомъ до тѣхъ поръ, пока не овладѣлъ вполнѣ, такъ что онъ представился ему во всей своей ясности и полнотѣ. Такъ выполнялъ онъ свою задачу и высказалъ рѣшеніе въ такой прекрасной формѣ, что трудъ его никогда не будетъ забытъ.

Послѣ Уэлса многіе естествоиспытатели занимались изслѣдованіемъ ночнаго лучеиспусканія; собрано было правда достаточное количество замѣчательныхъ фактовъ, но ничего особеннаго не прибавилось къ теоріи Уэлса, за исключеніемъ развѣ только трудовъ Меллони. Въ числѣ прочихъ Глешеръ и Мартенсъ занимались также изслѣдованіемъ этого предмета. Прилагаемая таблицѣ представляетъ результаты, полученные Глешеромъ изъ его наблюденій надъ термометрами, помѣщенными на различныхъ высотахъ надъ поверхностію поля, покрытаго травою. Охлажденіе термометра, лежащаго на высокой травѣ, обозначается числомъ 1,000; между тѣмъ какъ постоянно уменьшающіяся числа выражаютъ относительное пониженіе термометровъ, помѣщенныхъ на указанныхъ высотахъ надъ травою.

Лучеиспусканіе.

Длинная трава	1,000
Одинъ дюймъ надъ верхушкою травы	671
Два дюйма — — —	570
Три дюйма — — —	477
Шесть дюймовъ — — —	282
Одинъ футъ — — —	129
Два фута — — —	86
Четыре фута — — —	69
Шесть футовъ — — — . .	52

Здѣсь невольно рождается вопросъ: почему термометръ, повѣшенный на чистомъ воздухѣ, не охлаждается также, какъ и на земной поверхности, тѣмъ болѣе, что онъ принадлежитъ къ тѣламъ, хорошо испускающимъ лучистую теплоту. Уэлсъ слѣдующимъ образомъ рѣшаетъ этотъ вопросъ. Когда температура термометра понизится, то вслѣдствіе этого охлаждается также и воздухъ, находящійся съ нимъ въ непосредственномъ соприкосновеніи; этотъ воздухъ, сжимаясь при охлажденіи и дѣлаясь болѣе плотнымъ, опускается внизъ и уступаетъ свое мѣсто болѣе теплому воздуху. Такимъ образомъ температура свободно висящаго термометра не можетъ сдѣлаться значительно ниже температуры окружающаго его воздуха. Отсюда также видно, почему необходима тихая ночь для обильнаго образованія росы: воздухъ между травою во время вѣтра постоянно перемѣняется и это препятствуетъ значительному охлажденію вслѣдствіе лучеиспусканія.

Нужно замѣтить, что каждое тѣло, одаренное способностію лучеиспусканія, будучи выставлено на воздухъ при ясномъ небѣ, какъ-бы стремится сохранить извѣстную разность между собственною температурою и температурою окружающаго его воздуха. Разность эта почти не зависитъ отъ температуры воздуха, а преимущественно отъ большей или меньшей способности, съ какою тѣла испускаютъ лучистую теплоту. Такимъ образомъ Пулье наблюдалъ, что въ Апрѣлѣ мѣсяцѣ, когда температура воздуха равнялась 3°,6 С., температура лебяжьяго пуха понижалась вслѣдствіе лучеиспусканія до — 3°,5: слѣдовательно все охлажденіе равнялось 7°,1. Въ Іюнѣ-же, когда температура воздуха была 17°,75 С, температура пуха становилась 10°,54; слѣдовательно охлажденіе равнялось 7°,21, —почти тоже самое, какъ и въ Апрѣлѣ. И такъ, не смотря на то, что температура воздуха бываетъ очень разнообразна, но разница между температурами тѣлъ, испускающихъ теплоту и температурою окружающаго ихъ воздуха почти постоянна.

Эти факты послужили Меллони поводомъ къ довольно важнымъ замѣчаніямъ относительно теоріи образованія росы. Онъ нашелъ, что стеклянный термометръ, положенный на землѣ, никогда не охлаждался больше какъ на 2° С. ниже близь лежащаго термометра съ посеребреннымъ шарикомъ, который почти лишенъ способности лучеиспусканія. Эти 2°, С. или около того, означаютъ постоянную разность существующую между температурами стекла и окружающаго его воздуха. Но Сиксъ, Уилсонъ, Уэлсъ, Парри, Скоресби, Глешеръ и другіе находили, что разность между термометромъ на травѣ и другимъ, повѣшеннымъ на

нѣсколько футовъ надъ нею бываетъ болѣе 10° С. Какъ объяснить это явленіе? Меллони объясняетъ это очень просто: травяныя былинки сначала охлаждаются вслѣдствіе лучеиспусканія на 2° С. ниже температуры окружающаго воздуха; воздухъ, соприкасаясь съ ними, также охлаждается и образуетъ вокругъ нихъ, такъ сказать, холодную воздушную баню. Но трава стремится сохранить постоянную разность между температурами своею и окружающей ее среды; вслѣдствіе этого температура ея понижается и, дѣйствуя на соприкасающійся воздухъ, производитъ и въ немъ охлажденіе; но трава по прежнему стремится поддерживать прежнюю разность температуръ, охлаждается, и вслѣдъ за тѣмъ и охлаждается и воздухъ, такъ что вслѣдствіе этихъ постоянныхъ взаимодѣйствій, весь соприкасающійся съ травою слой воздуха принимаетъ температуру, значительно низшую чѣмъ ту, которую онъ долженъ бы принять вслѣдствіе разности между способностями лучеиспусканія его и травы.

Мы не будемъ такъ долго останавливаться на изслѣдованіи луннаго лучеиспусканія, какъ остановились на изслѣдованіи земнаго. Много было сдѣлано безплодныхъ попытокъ открыть теплоту лучей, испускаемыхъ луною. Нѣтъ сомнѣнія, что каждый лучь свѣта есть въ то-же время и лучь теплоты; но можно замѣтить, что сила свѣта не можетъ служить даже и приблизительно мѣрою теплотворной силы луча. Посредствомъ большаго двояко-выпуклаго стекла Меллони получалъ въ фокусѣ изображеніе луны, которое падало на термоэлектрическій столбъ, но онъ замѣтилъ, что дѣйствіе холода стекла на столбикъ далеко превосходило бы нагрѣваніе, производимое лучами луны, если-бы такое нагрѣваніе дѣйствительно существовало. Онъ поставилъ экранъ между небомъ и стекломъ, помѣстилъ столбикъ въ фокусѣ послѣдняго, подождалъ покуда стрѣлка стала на нулѣ и потомъ вдругъ отодвинулъ экранъ, такъ что собранный въ фокусѣ свѣтъ луны упалъ на термоэлектрическій столбъ. Самый маленькій вѣтеръ могъ скрыть дѣйствіе лучей. Поэтому онъ закрылъ стеклянною крышкою конецъ трубы, обращенный къ столбику, свѣтъ свободно проходилъ сквозь это стекло къ темной поверхности столбика, гдѣ онъ превращался въ теплоту и *эта теплота не могла возвращаться назадъ сквозь стеклянную крышку*. Меллони, слѣдуя примѣру Соссюра, достигъ такимъ образомъ желаннаго результата и получилъ отклоненіе стрѣлки на 3 или 4°. Отклоненіе это доказываетъ присутствіе теплоты въ лунномъ свѣтѣ. Это единственный опытъ, который положительно доказываетъ теплотворное дѣйствіе лучей луннаго свѣта.

Лучи эти несравненно слабѣе солнечныхъ лучей и дѣйствіе ихъ ослабляется во первыхъ разстояніемъ, а во вторыхъ тѣмъ, что темная теплота лунныхъ лучей почти сполна поглощается атмосферными парами. Если даже часть темныхъ лучей достигнетъ земли, то они будутъ такъ сказать перехвачены на пути стекломъ, которое употреблялъ Меллони. Не мѣшало-бы по-этому повторить опытъ, употребляя вмѣсто стекла металлическій рефлекторъ. Я самъ пытался наблюдать съ помощію довольно большаго параболическаго рефлектора, но перемѣнчивость лондонскаго воздуха помѣшала мнѣ довести до конца мои изслѣдованія касательно этого предмета.

Теперь мы обратимся къ источнику какъ земной, такъ и лунной теплоты. Этотъ источникъ есть солнце, потому что если земля представляла когда-либо расплавленную массу, которая до сихъ поръ продолжаетъ охлаждаться, то количество внутренней теплоты земли, достигающее ея поверхности, давнымъ давно сдѣлалось нечувствительнымъ. Сперва постараемся изслѣдовать свойства этого удивительнаго тѣла, которому мы обязаны свѣтомъ и жизнію.

Мы постепенно приблизимся, идя отъ простыхъ разсужденій, къ рѣшенію этой важной задачи. Намъ уже извѣстенъ видъ спектра электрическаго свѣта; вы видѣли этотъ спектръ во всемъ великолѣпіи его цвѣтовъ, тѣни которыхъ измѣняются до безконечности, незамѣтно перепереходя изъ одного цвѣта въ другой. Свѣтъ, давшій при разложеніи этотъ спектръ, распространяется отъ заостренныхъ углей электрической лампы. Подобный же спектръ образуютъ и всѣ другія твердыя тѣла. Если раскалить платиновую проволоку до бѣла посредствомъ электрическаго тока и посмотрѣть на нее сквозь призму, то замѣтимъ туже постепенность въ цвѣтахъ, безъ всякихъ перерывовъ между ними. Но при сильнѣйшемъ нагрѣваніи, напримѣръ посредствомъ теплоты электрической лампы, можно довести платину до того, что она станетъ улетучиваться, и наблюдать не только спектръ раскаленныхъ твердыхъ тѣлъ, но и раскаленныхъ паровъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ спектръ представляется совершенно въ другомъ видѣ: вмѣсто непрерывнаго измѣненія цвѣтовъ спектръ состоитъ изъ ряда блестящихъ линій, раздѣленныхъ между собою темными полосами.

Для подобнаго опыта берется нѣсколько кусковъ угля имѣющихъ цилиндрическую форму и около полу-дюйма въ діаметрѣ, съ углубленіемъ на верхней ихъ части; въ эти углубленія кладется испытываемый металлъ, положимъ цинкъ, который прикрывается другимъ углемъ, и

тогда проводится токъ. Я удаляю концы угольевъ одинъ отъ другаго, и между ними образуется великолѣпнѣйшая свѣтовая дуга, увеличенное изображенiе которой представляетъ на экранѣ пурпуровую полосу свѣта 18-ти дюймовъ длины. Это свѣтящееся пространство между углями содержитъ мельчайшiя частицы цинка, переносящiяся отъ одного угля къ другому Частицы эти совершаютъ колебанiя въ теченiе извѣстныхъ временъ и наблюдаемый нами свѣтъ есть результатъ всѣхъ впечатлѣнiй, производимыхъ на глаза этими колебанiями. Если посредствомъ призмы разложить лучь этого свѣта, то она раздѣлится на двѣ великолѣпныя полосы — голубую и красную. Намъ вскорѣ прiйдется опять обратиться къ этому предмету, а потому необходимо хорошо запомнить характеръ этого явленiя. Теперь прервемъ токъ, и вмѣсто цинка положимъ кусокъ мѣди. Здѣсь представляется намъ зеленый цвѣтъ который мы разсмотримъ также какъ и пурпуровый. Мы видимъ, что спектръ мѣди отличается отъ спектра цинка: здѣсь мы имѣемъ полосу великолѣпнаго зеленаго цвѣта, которой недоставало въ спектрѣ цинка. Поэтому мы можемъ съ достовѣрностiю заключить, что колебанiя мѣдныхъ и цинковыхъ атомовъ въ вольтаической дугѣ бываютъ неодинаковы. Теперь посмотримъ, произойдетъ ли смѣшенiе этихъ колебанiй, когда мы помѣстимъ между углями бронзу, состоящую изъ цинка и мѣди. Если вы помните спектры цинка и мѣди, то увидите, что новый спектръ образовался изъ двухъ прежнихъ спектровъ. Слѣдовательно спектръ металлическаго сплава состоитъ изъ спектровъ металловъ, изъ которыхъ составленъ сплавъ.

Каждый металлъ даетъ особенную, ему свойственную систему цвѣтныхъ полосъ, которыя также характеристичны, какъ и химическiя и физическiя свойства металла, отличающiя его отъ другихъ тѣлъ. Помощiю опыта мы можемъ очень вѣрно опредѣлить подоженiе свѣтлыхъ полосъ въ спектрѣ каждаго металла. Зная же это, мы при одномъ только взглядѣ на спектръ, будемъ въ состоянiи тотчасъ опредѣлить, отъ какого металла онъ произошелъ. Кромѣ того, въ случаѣ сложнаго спектра, мы могли бы даже опредѣлить, изъ какихъ металловъ состоитъ сплавъ, отъ котораго полученъ спектъ.

Это относится не только къ металламъ но и къ соединенiямъ ихъ, если только эти соединенiя достаточно летучи. Такъ,если мы положимъ на угли кусокъ металла натрiя, то получимъ полосу ярко желтаго цвѣта. Если произвести опытъ съ большою тщательностью, можно раздѣлить эту полосу на двѣ, отдѣленныя одна отъ другой темнымъ про-

межуткомъ. Положивши теперь на мѣсто натрія поваренную соль или хлористый натрій, который при высокой температурѣ также улетучивается, увидимъ точно такую же желтую полосу, какая получалась при употребленіи самаго натрія. Такимъ образомъ можно опредѣлить спектръ стронція по его хлористому соединенію, равно какъ и изъ хлористаго кальція, магнія, литія получается спектры, соотвѣтствующіе самимъ металламъ.

Наконецъ если взять угольный цилиндръ съ углубленіемъ, положить въ него соединенія всѣхъ тѣхъ металловъ, которые мы брали для опыта, то получимъ зрѣлище, великолѣпнѣе котораго трудно себѣ что нибудь представить. Каждый металлъ испускаетъ ему свойственные лучи, которые перерѣзываютъ цвѣтными полосами все пространство спектра длинною въ 8 футовъ. Зная цвѣта полосъ, которые даются каждымъ металломъ, легко опредѣлить тѣ металлы, которые были взяты для произведенія этого спектра.

Для этихъ опытовъ мы употребляли вольтаическую дугу, потому что намъ необходимъ былъ настолько сильный свѣтъ, чтобы всѣ присутствующіе могли видѣть спектръ; но можно также для этого брать и паяльную трубку, свѣтъ которой сильно ослабленъ, вслѣдствіе примѣси воздуха и кислорода къ горящему газу. При введеніи натрія или поваренной соли въ пламя, оно также дѣлается желтымъ; стронцій дѣлаетъ его краснымъ, мѣдь зеленымъ *etc*.

Если посмотрѣть сквозь призму на пламя, окрашенное такимъ образомъ, то мы увидимъ тѣ же полосы, которыя мы уже наблюдали при прежнихъ опытахъ.

Намъ уже извѣстно, что газы и пары поглощаютъ лучи темной теплоты Нѣтъ сомнѣнія, что если бы эти лучи могли быть видимы для глаза, подобно цвѣтамъ спектра, то можно было бы увидѣть, что въ каждомъ случаѣ извѣстный родъ лучей поглощается, между тѣмъ какъ другіе свободно пропускаются парами. Замѣчательный опытъ Давида Брюстьера позволяетъ мнѣ показать вамъ это избирательное поглощеніе лучей. Внутрь цилиндра, закрытаго съ обѣихъ сторонъ стеклянными крышками, вводится извѣстное количество азотистой кислоты, о присутствіи которой можно судить по ея бурому цвѣту. Потомъ получаемъ на экранѣ спектръ длиною въ 8 футовъ и шириною около 2-хъ, и помѣстимъ цилиндръ съ бурымъ газомъ на пути лучей, испускаемыхъ лампою. Тогда мы увидимъ, что непрерывный спектръ будетъ перерѣзываться нѣсколькими темными полосами, соотвѣтствующими тѣмъ лу-

чамъ, которые уничтожаются азотистой кислотой, между тѣмъ какъ остальные лучи свѣта проходятъ безпрепятственно. Прослѣдимъ дальшее отношеніе между поглощеніемъ и испусканіемъ лучей. Мы прежде нашли, что всѣ газообразныя, жидкія и твердыя тѣла, хорошо поглощающія лучистую теплоту, хорошо испускаютъ ее. Теперь мы можемъ пойти далѣе и сказать, что газы или пары поглощаютъ именно тѣ лучи, которые они сами могутъ испускать; атомы, совершающіе свои колебанія въ извѣстныя времена, задерживаютъ волны, возбуждаемыя такими же колебаніями эѳирныхъ атомовъ. Атомы, колебанія которыхъ производятъ красный свѣтъ, задерживаютъ красные лучи, производящіе желтый свѣтъ задерживаютъ желтый, а производящіе зеленый—задерживаютъ ~~темный~~ свѣтъ. Поглощеніе, какъ вамъ извѣстно, происходитъ вслѣдствіе сообщенія движенія эѳирныхъ атомовъ матеріальнымъ частицамъ, въ немъ заключающимся. Атомы преимущественно поглощаютъ волны, соотвѣтствующія колебаніямъ, которыя могутъ быть совершаемы самими атомами.

Постараемся доказать это на опытѣ. Намъ уже извѣстно, что пламя натрія, разсматриваемое сквозь призму, представляется намъ въ видѣ двойной блестящей полосы желтаго цвѣта. Возьмемъ плоскій сосудъ, содержащій смѣсь алкоголя съ водою, которую я подогрѣваю и потомъ зажигаю, получается очень слабое пламя, которое едва замѣтно. Когда же я положу соли въ жидкость и потомъ зажгу, то вмѣсто слабаго пламени, которое едва можно было только разсмотрѣть, получимъ яркое пламя желтаго цвѣта. На пути непрерывнаго спектра, полученнаго отъ электрической лампы, помѣстимъ это желтое пламя. Теперь въ желтой части спектра видна волнующаяся полоса сѣраго цвѣта, которая показываетъ вамъ, что пламя поглотило часть желтаго свѣта, и что слѣдовательно оно поглощаетъ свѣтъ, который оно само испускаетъ. Но для того, чтобы сдѣлать это явленіе болѣе замѣтнымъ, мы оставимъ свѣтъ алкоголя и возьмемъ рожекъ Бунзена, который хотя выдѣляетъ очень мало свѣта, но пламя его имѣетъ чрезвычайно высокую температуру. Поставимъ его прямо противъ лампы, такъ чтобы лучи, черезъ разложеніе которыхъ образуется нашъ спектръ, проходили бы сквозь это пламя. Потомъ положимъ кусокъ металла натрія, величиною въ горошину, въ маленькую сѣтку изъ платиновой проволки, а картонный экранъ поставимъ такимъ образомъ, чтобы свѣтъ, испускаемый натріемъ, задерживался имъ. Теперь я ставлю платиновую сѣтку прямо противъ лампы; натрій мгновенно окрашиваетъ пламя рожка въ ярко-желтый цвѣтъ, и

вы видите тѣнь, которая распространяется на желтыхъ частяхъ спектра. Но это еще не все: натрій загорается и желтая полоса образуется совершенно внѣ спектра; въ самомъ же спектрѣ на ея мѣстѣ является полоса самаго темнаго цвѣта. Горѣніе продолжается недолго; если удалимъ пламя, то желтый цвѣтъ снова явится въ спектрѣ; помѣщая же пламя на пути лучей, снова уничтожимъ желтый цвѣтъ въ спектрѣ; это можно повторить нѣсколько разъ одинъ за другимъ. Я не думаю, чтобы въ оптикѣ представлялся другой столь же поразительный опытъ. Такимъ образомъ мы окончательно убѣдились, что свѣтъ, поглощаемый пламенемъ натрія, есть именно тотъ, который оно само можетъ испускать.

Прослѣдимъ еще точнѣе этотъ опытъ. Нужно замѣтить, что желтый цвѣтъ спектра распространяется на довольно широкомъ промежуткѣ, и мы хотимъ теперь показать, что только та часть желтаго цвѣта поглощается пламенемъ натрія, которая можетъ быть выдѣляема имъ. Для этого нальемъ немного раствора соли на концы углей и увидимъ, что въ непрерывномъ спектрѣ желтая полоса, соотвѣтствующая натрію, будетъ свѣтлѣе остальнаго желтаго цвѣта. Полоса эта рѣзко ограничена. Когда я снова поставлю пламя натрія на пути лучей, идущихъ отъ лампы, то желтая полоса, которая находилась внѣ спектра, изчезаетъ, а на мѣстѣ ея появляется совершенно темная полоса.

Мы уже видѣли, что спектръ, образующійся при накаливаніи смѣси различныхъ веществъ, состоитъ изъ ряда рѣзко ограниченныхъ полосъ, раздѣленныхъ между собою темными промежутками. Если бы можно было взять смѣсь, производящую этотъ полосатый спектръ, и возвысить температуру ея посредствомъ Бунзенова рожка до такой степени, чтобы довести ея пары до каленія, то поставивши это пламя на пути лучей, дающихъ при разложеніи непрерывный спектръ, можно было бы уничтожить въ этомъ послѣднемъ тѣ именно лучи, которые были испускаемы составными частями нашей смѣси. Тогда нашъ спектръ представляется разсѣченнымъ нѣсколькими темными полосами, число которыхъ равняется числу свѣтлыхъ полосъ, получаемыхъ въ то время, когда, при накаливаніи смѣси, она сама становится источникомъ свѣта.

Теперь мы имѣемъ уже достаточно свѣденій чтобы возвысится до одного изъ замѣчательнѣйшихъ обобщеній нашего вѣка. Если разложить солнечный свѣтъ, пропуская его черезъ призму, то въ спектрѣ его мы замѣтимъ множество темныхъ линій. Нѣкоторыя изъ нихъ въ первый разъ наблюдалъ Уолластонъ; но положенія ихъ въ спектрѣ были опре-

дѣлены Фраунгоферомъ, почему и получили названіе фраунгоферовыхъ линій. Долгое время предполагали, что эти темныя полосы происходятъ вслѣдствіе поглощенія лучей, соотвѣтствующихъ этимъ темнымъ мѣстамъ, солнечною атмосферою; но никто не могъ объяснить хорошо этого явленія. Доказавши что пары, доведенные до каленія поглощаютъ тѣ лучи, которые они сами могутъ испускать, и узнавши, что солнце окружено фотосферой, температура которой очень высока, невольно рождается предположеніе, что эта фотосфера поглощаетъ тѣ именно лучи внутри ея находящагося раскаленнаго шара, которые сама она можетъ испускать.

Такимъ образомъ мы приходимъ къ теоріи строенія солнца, которая удовлетворительно объясняетъ существованіе фраунгоферовыхъ линій въ спектрѣ. Солнце состоитъ изъ центральнаго жидкаго или твердаго чрезвычайно блестящаго ядра, свѣтъ котораго, при разложеніи въ призмѣ, давалъ бы непрерывный спектръ, или, другими словами, которымъ выдѣляются всякаго рода лучи. Но эти лучи должны пройти черезъ фотосферу, обхватывающую солнце подобно пламени. Эта паровая оболочка поглощаетъ тѣ лучи этого ядра, которые она сама можетъ испускать и фраунгоферовы линіи означаютъ положеніе недостающихъ лучей. Если бы можно было уничтожить центральное ядро, и получить спектръ этой газовой оболочки, то мы бы имѣли полосатый спектръ, въ которомъ свѣтлыя полосы соотвѣтствовали бы фраунгоферовымъ линіямъ. Слѣдовательно темнота этихъ линій не абсолютная, а относительная; на эти линіи падаютъ лучи поглощающей фотосферы, но лучи эти не имѣютъ достаточной напряженности и не могутъ замѣнить поглощенный фотосферою свѣтъ солнца, а потому мѣста, ими освѣщаемыя, представляются темными сравнительно съ яркостью всего спектра.

Долгое время предполагали, что солнце и планеты имѣютъ одно общее начало, и что потому вещества, являющіяся на одномъ изъ тѣлъ солнечной системы, болѣе или менѣе свойственны остальнымъ. Можно ли открыть присутствіе на солнцѣ нѣкоторыхъ нашихъ земныхъ тѣлъ? Намъ уже извѣстно, что каждый металлъ имѣетъ свою характеристическую свѣтлую полосу въ спектрѣ, и что мы можемъ по цвѣту полосы опредѣлить металлъ, отъ накаливанія котораго она произошла. Эти полосы суть, такъ сказать, отклики металловъ, указывающіе на присутствіе ихъ. Слѣдовательно, если нѣкоторые изъ нашихъ земныхъ металловъ находятся въ солнечной фотосферѣ, то производимыя ими темныя

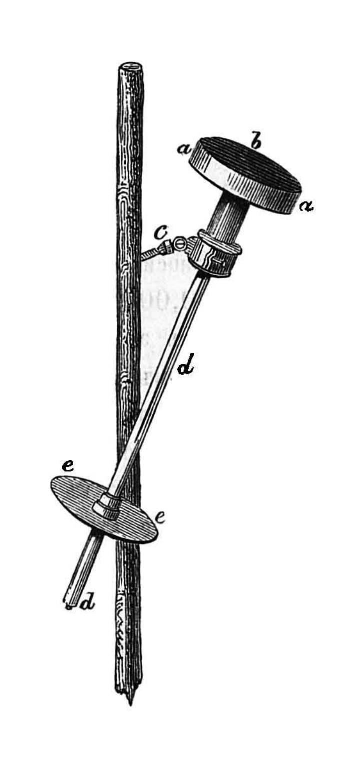
линіи должны совершенно совпадать со свѣтлыми линіями, испускаемыми парами этихъ же металловъ. Найдено, что при каленіи желѣза получается около 60-ти свѣтлыхъ линій; если свѣтъ отъ раскаленныхъ паровъ желѣза, получаемый при прохожденіи электрическаго тока между двумя желѣзными проволоками, пропустить сквозь одну половину небольшой щели, а черезъ другую половину этой же щели пропустить солнечный лучъ, такъ что спектры этихъ обоихъ источниковъ свѣта будутъ находиться одинъ возлѣ другаго, то увидимъ, что темныя линіи солнечнаго спектра соотвѣтствуютъ блестящимъ линіямъ въ спектрѣ желѣза. Вѣроятность, что желѣзо находится въ солнечной атмосферѣ, относится къ вѣроятности, что его нѣтъ въ ней, какъ 1,000,000,000,000,000,000 къ 1. Профессоръ Киршго́въ, которому принадлежитъ это обобщеніе, сравнивалъ спектръ другихъ металловъ со спектромъ солнца и нашелъ въ солнечной фотосферѣ желѣзо, кальцій, магній, натрій, хромъ и другіе металлы; но золото, серебро, ртуть, алюминій, олово, свинецъ, мышьякъ, сурьма до сихъ поръ не были еще открыты имъ въ солнечной фотосферѣ.

Предполагаемое строеніе солнца можно представить еще болѣе осязательнымъ образомъ, помощію слѣдующаго опыта. Возьмемъ угольный цилидръ, толщиною съ полдюйма, и помѣстимъ его въ электрическую лампу; на верхній край угольнаго цилиндра я кладу натрія, такъ чтобы средняя часть цилиндра оставалась непокрытою. Когда верхній уголь электрической лампы прикоснется къ срединѣ угольнаго цилиндра, то происходитъ обыкновенный электрическій свѣтъ. Дѣйствіе этого свѣта вполнѣ достаточно для того чтобы натрій началъ улетучиваться, и такимъ образомъ наше маленькое центральное солнце, будетъ окружено атмосферою паровъ натрія, подобно тому, какъ настоящее солнце окружено фотосферою. Въ спектрѣ получаемаго при этомъ свѣта желтой ленты не окажется.

Теперь займемся изслѣдованіемъ солнечнаго лучеиспусканія. Напряженность солнечнаго лучеиспусканія была измѣрена Гершелемъ на Мысѣ Доброй Надежды и Пулье въ Парижѣ. Сходство полученныхъ ими результатовъ чрезвычайно замѣчательно. Гершель нашелъ, что солнце, когда оно находится въ зенитѣ, расплавляетъ на уровнѣ моря кусокъ льда величиною въ 0,00754 кубическаго дюйма въ одну минуту; Пулье же нашелъ, что оно расплавитъ 0,00703 кубическаго дюйма. Средняя величина между этими числами очень близка къ истинѣ, а именно въ одну минуту солнце расплавитъ 0,00728 кубическаго

дюйма, или около полудюйма въ часъ. Пулье употреблялъ для этой цѣли прилагаемый здѣсь приборъ (фиг. 100) который онъ назвалъ пиреліометромъ. Онъ состоитъ изъ стальнаго цилиндра *aa*, наполненнаго ртутью; въ цилиндръ встовляется термометръ *d*, трубка котвраго прикрыта мѣдною трубкою. На этомъ термометрѣ мы наблюдаемъ температуру ртути. Плоская оконечность цилиндра, обращаемая къ солнцу, покрывается голландскою сажею. На нижнемъ концѣ цилиндра укрѣпляется кольцо съ винтомъ, посредствомъ котораго инструментъ прикрѣпляется къ подставкѣ. При наблюденіи подставка вколачивается въ землю или въ снѣгъ, если опытъ производится на значительной высотѣ. Необходимо, чтобы поверхность, на которую падаютъ солнечные лучи, была бы перпендикулярна къ этимъ лучамъ; для этого прикрѣпляется кругъ *ee*, перпендикулярный къ мѣдной трубкѣ, покрывающей термометръ, и такого же діаметра, какъ и цилиндръ *aa*; когда этотъ кругъ совершенно покроется тѣнью цилиндра, то это будетъ служить знакомъ того, что лучи падаютъ перпендикулярно на верхнюю поверхность цилиндра. Наблюденіе производится слѣдующимъ образомъ. Такъ какъ этотъ инструментъ способенъ не только воспринимать солнечные лучи, но и испускать свою собственную теплоту, то прежде всего онъ выставляется на 5 минутъ на воздухъ и обращается къ совершенно ясному небу; вслѣдствіе лучеиспусканія, температура ртути понизится и пониженіе это замѣчаютъ. Послѣ этого инструментъ поворачивается къ солнцу такъ, что солнечные лучи подаютъ на него въ продолженіи 5-ти минутъ; возвышеніе температуры при этомъ также замѣчается. Наконецъ инструментъ снова поворачивается къ ясному небу, но не противъ солнца, и по прошествіи пяти минутъ снова замѣчаютъ пониженіе температуры. Можно бы было подумать, что для опредѣленія тепло-

Фиг 100.



ты солнечныхъ лучей достаточно было бы подвергать нашъ инструментъ одному только дѣйствію солнца. Но мы не должны забывать, что во все время дѣйствія солнечныхъ лучей покрытая голландскою сажею поверхность цилиндра испускаетъ лучистую теплоту. Слѣдовательно приборъ нашъ не только нагрѣвается, но и охлаждается. Теплота, полученная имъ отъ солнца, отчасти теряется въ продолженіи опыта, и для опредѣленія величины этой потери необходимъ этотъ двойной опытъ. Чтобы слѣдовательно въ точности опредѣлить напряженность солнечнаго нагрѣванія, мы должны къ наблюдаемому нами нагрѣванію прибора прибавить еще все то количество теплоты, которое потеряно имъ въ то время, когда солнце нагрѣвало его. Потерянное же такимъ образомъ количество теплоты есть среднее между тѣми, которые были наблюдаемы до начала и по окончаніи наблюденія нагрѣванія, производимаго солнечными лучами. Обозначимъ буквою R возвышеніе температуры отъ дѣйствія солнечныхъ лучей въ продолженіи пяти минутъ, а буквами t и t' пониженіе температуры, наблюдаемое до и послѣ того, какъ приборъ выставлялся на солнце, то все нагрѣваніе, производимое солнцемъ, которое мы назовемъ буквою T, можетъ быть выражено посредствомъ слѣдующей формулы: $T=R+\frac{t+t'}{2}$. Величина поверхности, на которую падаютъ солнечные лучи, а равно и количество ртути или воды, заключающееся въ пиреліометрѣ извѣстны, и о количествѣ теплоты, сообщенной солнцемъ пиреліометру, мы будемъ судить по нагрѣванію этого количества воды или ртути. При своихъ наблюденіяхъ Пулье наполнялъ пиреліометръ водою, а не ртутью. Наблюденія надъ напряженностью солнечной теплоты производились въ различные часы дня и слѣдовательно при различныхъ упругостяхъ земной атмосферы, которыя увеличиваются начиная съ полудня до 6 часовъ пополудни—время, въ которое было произведено послѣднее наблюденіе. Найдено, что нагрѣваніе солнца уменьшается по мѣрѣ увеличиванія плотности воздуха, черезъ который проходятъ солнечные лучи, слѣдуя при этомъ извѣстному закону. Принимая во вниманіе этотъ законъ, Пулье опредѣлилъ поглощеніе теплоты атмосферою въ томъ случаѣ, если бы лучи солнца падали съ зенита на его приборъ, и нашелъ, что поглощаемые атмосферою лучи составляютъ 25 процентовъ всѣхъ падающихъ лучей. Безъ сомнѣнія, поглощаются главнымъ образомъ длиннѣйшія волны, и не самымъ воздухомъ, который принадлежитъ къ самымъ слабо поглощающимъ тѣламъ, а атмосферными парами. Атмосферная оболочка всего зем-

наго полушарія, обращеннаго къ солнцу, поглощаетъ $^4/_{10}$ всѣхъ лучей, направленныхъ къ землѣ, а если бы удалить атмосферу, то освѣщенное полушаріе получило бы приблизительно вдвое болѣе теплоты, чѣмъ сколько оно получаетъ ея теперь. Вся теплота, получаемая землею отъ солнца въ продолженіи цѣлаго года, равномѣрно распредѣленная на поверхности земли, могла бы расплавить слой льда толщиною въ 100 футовъ, покрывавшій всю землю. Зная количество теплоты, полученное землею въ продолженіи года, можно высчитать количество теплоты, испускаемой солнцемъ въ этотъ же самый промежутковъ времени. Вообразимъ, что солнце окружено непроницаемою сферою, центръ которой есть въ тоже время и центръ солнца, и что разстояніе этой поверхности отъ солнца равняется разстоянію земли отъ солнца. Плоскость сѣченія земли съ этою поверхностію относилась бы ко всей поверхности этой сферы, какъ 1:2,300,000,000; слѣдовательно количество солнечной теплоты, получаемое землею, составляетъ только $^1/_{2300000000}$ часть всего солнечнаго лучеиспусканія. Если бы солнечная поверхость была покрыта слоемь льда, то теплота испускаемая солнцемъ могла бы его расплавлять на 2,400 футовъ въ часъ. Эта теплота могла бы въ часъ вскипятить 700,000 милліоновъ кубическихъ миль холодной какъ ледъ воды. Выражаясь иначе, теплоту, выдѣляемую солнцемъ въ теченіи одного часа, можно сравнить съ тою, которая получилась бы при сожженіи слоя каменнаго угля, окружающаго весь земной шаръ и толщина котораго равнялась бы 10 футамъ; слѣдовательно теплота, выдѣляемая въ годъ, равнялась бы теплотѣ, которая произошла бы при сожженіи слоя каменнаго угля толщиною въ 17 миль.

Таковы результаты непосредственнаго измѣренія солнечной теплоты. Если будущія опредѣленія будутъ еще болѣе точны, то результаты ихъ будутъ не менѣе поразительны. Цѣлые вѣка продожается это громадное потребленіе теплоты, а между тѣмъ убыль солнца въ историческое время совершенно незамѣтна. Когда издали слушать звонъ колокола, то послѣ каждаго удара мы замѣчаемъ изчезаніе звука и быстрое прекращеніе звуковыхъ колебаній, такъ что необходимо постоянное повтореніе ударовъ для поддержанія звука. Подобно колоколу,

Die Sonne tönt nach alter Weise (*).

(*) Солнце звучитъ по прежнему.

Но какимъ образомъ поддерживаются эти звуки? чѣмъ вознаграждается вѣчная убыль солнца? При теперешнемъ состояніи науки, мы можемъ объяснить это удивительное явленіе весьма просто. Очень можетъ быть, что многимъ изъ насъ солнце представляется въ видѣ огня, отличающагося отъ нашего земнаго только силою своего горѣнія. Но что это за горючая матерія, которая вѣчно горитъ и не уничтожается? Все, что намъ извѣстно о космическихъ явленіяхъ, убѣждаетъ насъ въ предположеніи, что въ составъ солнца входятъ всѣ тѣ матеріалы, которые составляютъ землю и уже извѣстны химикамъ. Но нѣтъ ни одного вещества на землѣ, или занесеннаго къ намъ на землю метеорами, кокоторое бы могло поддержать этотъ вѣчный огонь солнца. Всѣ извѣстныя вещества сгорѣли бы очень скоро.

Если бы солнце состояло изъ каменнаго угля и было бы достаточно снабжено кислородомъ, такъ чтобы горѣніе угля совершалось съ напряженностью, сооовѣтствующею той, которую мы наблюдаемъ у солнца, то оно совершенно перегорѣло бы въ 5,000 лѣтъ. Съ другой стороны, если предположимъ, что солнце есть тѣло, первоначально надѣленное большимъ запасомъ солнечной теплоты, и что оно теперь охлаждается, то въ такомъ случаѣ нужно также предположить, что оно обладаетъ свойствами совершенно отличными отъ свойствъ земныхъ тѣлъ. Если бы намъ была извѣстна удѣльная теплота солнца, то мы бы могли опредѣлить его охлажденіе. Преположивши, напр. что она равняется удѣльной теплотѣ воды,—которая, какъ извѣстно, обладаетъ наибольшею теплоемкостью, то при настоящемъ испусканіи теплоты солнцемъ оно бы охладилось въ теченіи 5,000 лѣтъ на 15 000° *F*. Однимъ словомъ, если бы солнце состояло изъ такихъ же веществъ, какъ и наша земля, то для поддержанія его вѣчно истощающейся теплоты необходимо было бы какое нибудь средство.

Намъ извѣстно, что солнце обращается около своей оси на подобіе колеса, одинъ разъ въ теченіи 25 дней. Не происходитъ ли свѣтъ и теплота солнца отъ тренія поверхности этого шара о что либо, содержащееся въ окружающемъ его пространствѣ. Такая гипотеза была однажды предложена. Но здѣсь невольно рождается вопросъ: изъ чего состоитъ это трущее тѣло и чѣмъ оно нажимается на солнце. Это трудно себѣ представить. Признавши существованіе такого нажима, мы можемъ вычислить количество теплоты, которая бы могла образоваться вслѣдствіе этого тренія. Намъ извѣстна масса солнца, время его обращенія около оси; мы знаемъ механическій эквивалентъ тепло-

ты и изъ этихъ данныхъ мы можемъ совершенно точно вывести, что вся сила вращенія солнца истратилась бы на это треніе менѣе чѣмъ въ два столѣтія (*). Это вычисленіе построено на совершенно положительныхъ данныхъ. Есть еще другая теорія, которая съ перваго взгляда можетъ показаться очень смѣлою, но тѣмъ не менѣе заслуживаетъ нашего полнаго вниманія. Это метеорическая теорія солнечной теплоты, о которой я уже упоминалъ. Пространство солнечной системы, такъ сказать, населено міровыми тѣлами: знаменитое изреченіе Кеплера, что «на небѣ кометъ больше, чѣмъ рыбъ въ океанѣ» указываетъ на то, что мы видимъ только самую незначительную часть кометъ, принадлежащихъ нашей системѣ. Но кромѣ кометъ, планетъ и лунъ, еще существуетъ множество тѣлъ, принадлежащихъ къ нашей системѣ,— такъ называемыхъ астероидовъ, которые такъ малы, что могутъ быть названы космическими атомами. Подобно планетамъ и кометамъ эти малыя тѣла, слѣдуя закону тяготѣнія, обращаются вокругъ солнца по элиптическимъ орбитамъ; попадая въ земную атмосферу, эти тѣла нагрѣваются вслѣдствіе тренія и представляются намъ въ видѣ метеоровъ и падающихъ звѣздъ. Во время ясной ночи рѣдко проходитъ 20 минутъ въ какомъ нибудь мѣстѣ земли, чтобы не появилось по крайней мѣрѣ одного метеора. Въ извѣстное время (12 августа и 14 ноября) они вообще являются въ громадномъ количествѣ. Въ продолженіи девяти часовъ наблюденія въ Бостонѣ, гдѣ, по описанію, они падали какъ клочья снѣга, было насчитано 240,000 подобныхъ метеоровъ. Число падающихъ звѣздъ въ продолженіе года доходитъ быть можетъ до сотенъ или тысячъ милліоновъ, и несмотря на такое огромное число ихъ, они все таки составляютъ только малую часть того множества астероидовъ, которые вращаются вокругъ солнца. Изъ явленій свѣта и теплоты, а равно изъ наблюденій Энке надъ его кометой мы знаемъ, что міровое пространство наполнено сопротивляющеюся средою. Вслѣдствіе тренія объ эту среду всѣ тѣла нашей системы постепенно приближаются къ солнцу. И хотя въ историческія времена не замѣчено никакого уменьшенія въ періодахъ обращенія большихъ планетъ, но относительно малыхъ тѣлъ солнечной системы этого нельзя сказать. Во время, которое бы потребовалось на уменьшеніе разстоянія между солнцемъ и землею на три фута, астероидъ могъ бы приблизиться къ центральному свѣтилу по крайней мѣрѣ на тысячу миль. Продолжая эти разсуж-

(*) Mayer, Dynamik des Himmels.

денія, мы можемъ заключить, что помѣрѣ того, какъ этотъ неизмѣримый запасъ вѣсомой матеріи постепенно приближается къ солнцу, плотность метеорнаго дождя увеличивается, то есть разстоянія между астероидами постепенно уменьшаются. Здѣсь-то естественнымъ образомъ является предположеніе, что тусклый свѣтъ, занимающій большое пространство обнимающее солнце—такъ называемый Зодіакальный свѣтъ—своимъ существованіемъ можетъ быть обязанъ этимъ сблизившимся метеорическимъ массамъ. Отчего бы этотъ свѣтъ ни зависѣлъ, во всякомъ случаѣ положительно доказано, что этотъ свѣтъ зависитъ отъ веществъ, обращающихся около солнца по тѣмъ же законамъ, какъ и планеты. Вся масса, составляющая зодіакальный свѣтъ, постоянно приближается и безпрерывно падаетъ на солнце.

Наблюдая паденія яблока, можемъ открыть законы, управляющіе его движеніемъ. Предположимъ, что вмѣсто земли будетъ солнце, а вмѣсто яблока будетъ земля. Мы знаемъ связь между высотою паденія, скоростію и теплотою, развиваемою при ударѣ о земную поверхность. Вмѣсто земли представимъ себѣ солнце, масса котораго въ 300,000 разъ больше массы земли, и вмѣсто паденія съ небольшой высоты, представимъ себѣ паденіе съ большой, міровой высоты. Такимъ образомъ мы будемъ въ состояніи объяснить происхожденіе солнечной теплоты, которая превосходитъ всякую земную теплоту. Очень легко высчитать наибольшія и наименьшія скорости, сообщаемыя притяженіемъ солнца вращающимся вокругъ него астероидамъ; наибольшая скорость произойдетъ въ томъ случаѣ, когда тѣло приближается къ солнцу съ безконечно большаго растоянія такъ что оно подвергается всему солнечному притяженію. Наименьшая скорость есть та, которую нужно сообщить тѣлу для того, чтобы оно вращалось вокругъ солнца, прикасаясь къ его поверхности. Въ первомъ случаѣ скорость тѣла въ тотъ моментъ, когда оно достигаетъ солнца, равняется 390 миль въ секунду, во второмъ же 276 миль въ секунду. Астероидъ, падая на солнце съ первой скоростію произвелъ бы въ 9,000 разъ большее количество теплоты, чѣмъ то, которое получилось бы при сожженіи массы каменнаго угля, равной массѣ астероида; во второмъ же случаѣ произведенная теплота была бы въ 4,000 разъ больше. Слѣдовательно нѣтъ никакой необходимости, чтобы эти вещества сгорали прикасаясь къ солнцу, потому что сгораніе весьма мало увеличивало бы большое количество теплоты, которая развивается при ихъ столкновеніи.

Такимъ образомъ мы находимъ того дѣятеля, который возобнов-

ляетъ безпрерывно истощающуюся теплоту солнца и поддерживаетъ на его поверхности температуру, превосходящую всякое земное нагрѣваніе. Принимая во вниманіе свойство солнечныхъ лучей, — ихъ безпримѣрную способность проникать въ тѣла, — мы можемъ прійдти къ заключенію, что температура источника этихъ лучей должна быть чрезвычайно высока. Въ паденіи астероидовъ мы находимъ средство, которое въ состояніи произвести и поддерживать подобную температуру. Могутъ возразить, что это низверженіе матеріи должно сопровождаться возрастаніемъ солнечной массы;—это должно быть; но количество вещества, необходимое для возстановленія испускаемой солнцемъ теплоты за періодъ 4,000 лѣтъ не могло бы быть открыто посредствомъ самыхъ лучшихъ инструментовъ. Если бы земля упала на солнце, то это не проидвело бы замѣтнаго измѣненія въ массѣ солнца, но теплота, произведенная ея ударомъ, могла бы покрыть потерю солнечной теплоты на цѣлое столѣтіе.

Подобныя же разсужденія могутъ быть примѣнены и къ землѣ. Теорія тяготѣнія Ньютона, въ силу которой мы можемъ, принимая во вниманіе настоящую форму земли, заключить о ея первоначальномъ видѣ, въ тоже время открываетъ намъ существованіе источника теплоты, на столько сильнаго, что онъ могъ привести землю въ жидкое состояніе и вообще расплавлять міровыя тѣла. Поэтому, на расплавленное состояніе планеты можно смотрѣть, какъ на результатъ столкновенія міровыхъ тѣлъ, такъ что теплота, скопленная въ землѣ и теплота испускаемая солнцемъ обязаны своимъ происхожденіемъ одинаковому процессу.

Вся поверхность солнца представляется намъ въ видѣ непрерывнаго океана огненной и жидкой матеріи, надъ которымъ находится разскаленный газъ, составляющій пламенную атмосферу, или такъ называемую фотосферу. Но вещества газовыя, сравнительно съ твердыми, при очень даже высокой температурѣ испускаютъ весьма слабый свѣтъ. Отсюда съ достовѣрностію можно заключить, что ослѣпительный солнечный свѣтъ, происходитъ отъ болѣе плотнаго ядра солнца и проходитъ черезъ фотосферу.

Есть еще одно обстоятельство, имѣющее связь съ постоянствомъ настоящихъ земныхъ условій, которое вполнѣ достойно нашего вниманія. Стоя на одномъ изъ лондонскихъ мостовъ, можно замѣтить обращеніе теченія Темзы, воды которой два раза въ день подымаются вверхъ. При подобномъ теченіи вода трется о русло и берега рѣки, а это треніе производитъ теплоту, которая выдѣляется вслѣдствіе лучеиспусканія

въ пространство и такимъ образомъ она теряется для земли. Что пополняетъ эту безпрерывную убыль теплоты? Вращеніе земли около своей оси. Вообразимъ, что луна стоитъ, а земля подобно колесу обращается въ продолженіи сутокъ отъ запада къ востоку. Гора, находящаяся на земной поверхности, приближаясь къ лунному меридіану, схватывается, такъ сказать, луною и образуетъ родъ рукоятки, посредствомъ которой земля вращается во кругъ оси съ большою скоростію. Но, по прохожденіи горы черезъ меридіанъ, луна начинаетъ дѣйствовать на землю въ обратномъ смыслѣ, уменьшаетъ скорость ея обращенія и именно на столько, на сколько прежде увеличивала ее. Такимъ образомъ дѣйствіе луны на всѣ неподвижныя тѣла нейтрализируется. Но если бы гора лежала всегда къ востоку отъ луннаго меридіана, то въ такомъ случаѣ дѣйствіе луны на эту гору постоянно противодѣйствовало бы вращенію земли, и слѣдовательно уменьшало бы ея скорость на количество, соотвѣтствующее притяженію луны нагору. *Волны прилива имѣютъ именно такое положеніе*: онѣ всегда лежатъ къ востоку отъ луннаго меридіана, и замедляютъ скорость вращенія земли. Эти уменьшеніе, хотя оно неизбѣжно, такъ мало, что оно не могло дать себя почувствовать за то время, въ теченіи котораго производятся наблюденія.

Предположимъ, что мы посредствомъ прилива приводимъ въ движеніе мельницу и треніемъ мельничныхъ камней образуемъ теплоту; эта теплота имѣетъ происхожденіе, отличное отъ теплоты, полученной вслѣдствіе тренія другой пары жерноповъ, приведенныхъ въ движеніе горнымъ потокомъ. Первая произошла на счетъ вращенія земли: вторая же на счетъ солнечнаго лучеиспусканія (*).

Такова сущность метеорической теоріи солнечной теплоты извлеченная нами изъ «Опыта небесной динамики» Мейера. Я строго придержавался его изложенія и въ большей части случаевъ приводилъ собственныя его слова. Но по этому очерку нельзя разумѣется судить о той твердости и постоянствѣ, съ которыми онъ прилагалъ свои начала. Основанія его были истинны и единственная ошибка, которая можетъ встрѣтиться въ его теоріи, можетъ состоять въ кокичественномъ дѣйствіи какой нибудь причины. Мы не выдаемъ этой теоріи за истинную и совершенно доказанную; но нельзя смотрѣть на нее, какъ на химеру. Она представляетъ сильный и разумный полетъ мысли. Нужно думать, что если эта теорія или различныя оттѣнки ея

(*) Dynamik des Himmels, стр. 38 и пр.

окажутся несправедливыми, то во всякомъ случаѣ они не лишатся своего изумительнаго характера. (*)

Мейеръ издалъ свой «Опытъ» въ 1848 г.; пять лѣтъ спустя Уатерсонъ написалъ независимо отъ него подобную же теорію, которую читалъ въ собраніи Британскаго общества.

Труды королевскаго общества въ Эдинбургѣ за 1854 г. заключаютъ въ себѣ прекрасные замѣтки профессора Вильяма Томсона, въ которыхъ развивается очеркъ теоріи. предложенной Уатерсономъ. Онъ предпологаетъ, что метеоры, доставляющіе матеріалъ для образованія солнечнаго свѣта и теплоты въ будущія времена, преимущественно находятся внутри земной орбиты, и представляются намъ, какъ зодіакальный свѣтъ, «въ видѣ свѣтлаго потока или вихря камней» (Гершель § 897). Такимъ образомъ онъ опредѣлилъ истинный источникъ, на который еще прежде указывалъ Мейеръ. «Не подлежитъ никакому сомнѣнію, заключаетъ профессоръ Томсонъ, что источникъ, производящій солнечную теплоту, заключается въ метеорахъ.... Тѣла, вращающіяся вокругъ солнца внутри земной орбиты и вѣроятно видимыя въ солнечномъ свѣтѣ и называемыя «зодіакальнымъ свѣтомъ», составляютъ главнѣйшій источникъ теплоты и можетъ быть единственный, который дѣйствительно достоинъ вниманія. Часть запаса для возбужденія солнечнаго свѣта можно назвать динамическою напряженностью, именно ту часть, которая зависитъ отъ движенія метеоровъ вокругъ солнца; другая-же часть есть потенціальная напряженность —это тяготѣніе ихъ къ солнцу. Этотъ послѣдній постепенно уменьшается, отчасти

(*) Приготовляя эти листы въ печать, мы еще разъ просмотрѣли сочиненіе Мейера и открыли одинъ интересный фактъ, съ которымъ считаю не лишнимъ познакомить читателей. Мейеръ былъ врачемъ въ небольшомъ нѣмецкомъ городкѣ Гейльбронѣ; въ 1846 году онъ открылъ, что венозная кровь лихорадочнаго больнаго подъ тропиками была краснѣе, чѣмъ подъ сѣверными широтами. Заинтересованный этимъ фактомъ, онъ началъ трудиться и издалъ нѣсколько довольно замѣчательныхъ сочиненій, охарактеризованныхъ отчасти нами ссылками, которыя мы дѣлали въ этомъ сочиненіи. Въ 1842 году онъ издалъ первое свое сочиненіе «О силахъ неорганической природы», въ 1845 г. «Объ органическомъ движеніи», а въ 1848 вышла въ свѣтъ его «Небесная динамика.» Послѣ стольких трудовъ усталый умъ его помрачился. Это однако не долго продолжалось и др. Мейеръ теперь снова здоровъ. Я никогда его не видалъ и не имѣлъ съ нимъ никакой переписки. Онъ работалъ тихо и скромно. Отдавъ должное по заслугамъ па столько, на сколько этого требовала моя обязанность, я отдаю это славное имя на попеченіе исторіи.

вслѣдствіе сопротивленія среды, частію же въ слѣдствіе превращенія потенціальной напряженности въ динамическую. Каждый метеоръ продолжаетъ двигаться все быстрѣе и быстрѣе, приближается все ближе и ближе къ солнечному ядру, до тѣхъ поръ, пока сопротивленіе солнечной атмосферы такъ велико, что движеніе его начинаетъ замедляться. Черезъ нѣсколько секундъ послѣ этого онъ достигаетъ солнечной поверхности, на которой няются въ томъ превращается въ колебанія, которыя потомъ распростра- сила его удара пространствѣ, въ которомъ метеоры двигались въ теченіи столькихъ вѣковъ, и проникаютъ въ отдаленнѣйшія мѣста вселенной въ видѣ свѣта».

Мы извлекаемъ изъ таблицъ изданныхъ профессоромъ Томсономъ, слѣдующія интересныя числа: во первыхъ количество теплоты, эквивалентное вращенію солнца и планетъ вокругъ своихъ осей, то есть то количество теплоты, которое получилосьбы, если бы мы предположили, что на солнечную и планетныя поверхности производится давленіе посредств·мъ какого нибудь нажима до тѣхъ поръ, пока ихъ вращеніе не будетъ совершенно остановлено; во вторыхъ количества теплоты, могущія произойти вслѣдствіе тяготѣнія къ солнцу, то есть то количество теплоты, которое развилось-бы при паденіи каждой планеты на солнце. Количество теплоты выражается временемъ, въ продолженіи котораго она могла бы вознаградить солнечное лучеиспусканіе.

	Теплота тяготѣнія могла бы вознаграждать убыль солнечной теплоты въ теченіи времени.				Теплота вращенія могла бы вознаграждать убыль солнечной теплоты въ теченіи времени.			
Солнца	»	—	»	—	116	лѣтъ	6	дней.
Меркурія	6	лѣтъ	214	дней	15	—		—
Венеры.	83	года	227	—	99	—	»	—
Земли	94	—	303	дня	81	годъ	»	—
Марса	12	лѣтъ	252	—	7	лѣтъ	»	—
Юпитера	32240	—		—	14	—	144	дня
Сатурна	9650	—	»	—	2	года	127	дней
Урана	1610	—	»	—	»	—	71	день
Нептуна	1890	—	»	—	»	—	»	—

Теплота, происходящая вслѣдствіе вращенія солнца и планетъ, взятая вся вмѣстѣ, покрыла бы солнечное лучеиспусканіе за 134 года; между тѣмъ какъ теплота, происходящая вслѣдствіе тяготѣнія тѣлъ къ солнцу,

покрыла бы убыль теплоты солнца на 45,589 лѣтъ. Здѣсь нѣтъ ничего гипотетическаго: все это вытекаетъ необходимо изъ приложенія механическаго эквивалента теплоты къ космическимъ массамъ.

Гельмгольцъ показалъ, что если солнечная система состояла когда либо изъ тончайшей туманной массы, то механическая сила взаимнаго тяготѣнія частицъ этой массы была бы въ 454 раза больше количества механической силы солнечной системы въ ея настоящемъ состояніи. Такимъ образомъ $^{453}/_{454}$ силы тяготѣнія солнечной системы уже совершили свое дѣйствіе и превратились въ теплоту. Оставшаяся у насъ $^{1}/_{454}$ часть, будучи превращена въ теплоту, могла бы возвысить температуру массы воды, равняющейся массѣ солнца и планетъ, на 28 міліоновъ градусовъ стоградуснаго термометра. Теплота друмондоваго свѣта доходитъ до 2,000° С; слѣдовательно о терпературѣ въ 28,000,000° С мы не можемъ составить себѣ даже и понятія. Если бы вся наша система состояла изъ чистаго каменнаго угля, то по сожженіи оной мы имѣли бы только $^{1}/_{3500}$ часть этого страшнаго количества теплоты.

«Но», продолжаетъ Гельмгольцъ, «хотя запасъ нашей планетной системы такъ громаденъ, что при постоянномъ его истощенія, во все время существованія человѣческаго рода, въ немъ и не замѣчается ни малѣйшаго уменьшенія, и хотя время, потребное для того, чтобы произошла замѣтная перемѣна въ условіяхъ нашей планетной системы, совершенно не можетъ быть измѣрено, но все таки непоколебимые законы механики доказываютъ, что если только запасъ можетъ претерпѣвать убыль, а не прибыль, то онъ долженъ непремѣнно напослѣдокъ истощиться.

Неужели подобныя мысли могутъ устрашить насъ? Людямъ вообще свойственно измѣрять величіе вселенной и высказывающейся въ ней мудрости продолжительностію существованія и развитіемъ человѣческаго рода. Но исторія прошедшаго показываетъ кратковременность нашего существованія здѣсь на землѣ. Разсматривая остатки Египта и Ассиріи въ музеяхъ Европы, мы съ удивлиніемъ останавливаемся передъ ними и боимся, что мы даже мыслію не перенесемся въ періодъ ихъ существованія, который отдѣленъ отъ насъ такимъ большимъ промежуткомъ времени. Но родъ человѣческій жилъ и умножился много вѣковъ прежде нежели воздвиглись пирамиды. 6,000 лѣтъ ужь длится человѣческая исторія и какъ бы не казалось намъ громаднымъ это время, но что оно значитъ въ сравненіи съ тѣмъ періодомъ, въ который постепенно развились на землѣ растительность и различные роды животныхъ за ис-

ключеніемъ человѣка (*)? Если сравнить его съ тѣмъ временемъ, когда около Кенигсберга цвѣло янтарное дерево и изливало на землю и въ море свою драгоцѣнную смолу; когда въ Европѣ и сѣверной Америкѣ цвѣли рощи тропическихъ пальмъ, въ которыхъ жили гигантскія ящерицы и слоны, остатки которыхъ до сихъ поръ еще открываются человѣкомъ въ землѣ? Различные геологи, идя отъ различныхъ посылокъ, нашли, что продолжительность первыхъ періодовъ равняется отъ одного до девяти милліоновъ лѣтъ. Время, въ которое образовались органическія существа, чрезвычайно мало въ сравненіи съ тѣмъ числомъ вѣковъ, въ продолженіи которыхъ земля представляла массу расплавленныхъ горныхъ породъ. Опыты Бишофа надъ базальтомъ показываютъ, что для того, чтобы температура нашей земли охладилась отъ 2,000 до 200° *C*, потребовалось бы 350 милліоновъ лѣтъ. Что же касается времени, въ которое сгустились первыя туманныя массы и образовалась наша планетная система, то здѣсь мы совершенно теряемся. Исторія человѣка, слѣдовательно, есть малѣйшая волна въ безграничномъ океанѣ времени. Состояніе неорганической природы дѣлаетъ повидимому возможнымъ существованіе человѣка на земномъ шарѣ въ теченіе несравненно большаго періода времени, чѣмъ тотъ, который онъ уже прожилъ, такъ что ни намъ, ни длинному ряду поколѣній, слѣдующихъ за нами, нечего бояться. На земную поверхность дѣйствуютъ тѣже самыя силы воздуха, воды и вулкановъ, которыя произвели первые геологическіе перевороты и похоронили одинъ за другимъ цѣлые ряды живыхъ формъ... Эти силы скорѣе, чѣмъ тѣ міровыя измѣненія, о которыхъ мы говорили, могутъ прекратить существованіе человѣческаго рода. Можетъ быть, онѣ принудятъ насъ уступить свое мѣсто новымъ.....»

Однако какъ ни велики и ни поразительны вопросы, касающіеся физическаго строенія солнца, на этомъ не останавливается удивленіе, которое возбуждаетъ въ насъ это свѣтило. Мы еще ничего не сказали объ отношеніи его къ жизни. Земная атмосфера содержитъ въ себѣ углекислоту, и на земной поверхности рождаются живыя растенія; первая составляетъ пищу для послѣднихъ. Растеніе какъ бы глотаетъ соеди-

---

(*) См. заключеніе статьи Люббокк «Объ озерныхъ жилищахъ Швейцаріи» въ Naural History Review.

неніе кислорода и углерода и, разлагая его, поглощаетъ углеродъ, а кислородъ оставляетъ свободнымъ. Главную роль въ этомъ процессѣ играетъ солнце. Мы уже видѣли изъ прежнихъ лекцій (см. 5-ю лекцію) какимъ образомъ теплота, истрачиваясь на раздѣленіе атомовъ, превращается въ потенціальную напряженность, которая, при соединеніи разъединенныхъ атомовъ вслѣдствіе силы притяженія, превращается снова въ теплоту. Все, что мы говорили тамъ относительно теплоты, можно приложить теперь также и къ свѣту, потому что разложеніе углекислоты совершается насчетъ солнечнаго свѣта. Безъ вліянія солнца разложеніе углекислоты не могло бы происходить, и солнечный свѣтъ поглощается въ количествѣ, пропорціональномъ молекулярной дѣятельности. Такимъ образомъ образуются деревья, растетъ трава и цвѣтутъ цвѣты. Песокъ, вслѣдствіе вліянія на него солнечныхъ лучей, сначала согрѣвается, а потомъ выдѣляетъ теплоту и именно столько, сколько имъ было поглощено; лѣсъ же, согрѣваемый солнечными лучами, выдѣляетъ меньшее количество теплоты, чѣмъ то, которое онъ получилъ, потому что часть солнечныхъ лучей употребляется на образованіе деревьевъ (*). Сожжемъ кусокъ хлопчатой бумаги, и онъ выдѣлитъ именно то количество теплоты, которое было поглощено имъ при его образованіи. Такъ что можно положительно сказать, что каждое дерево, растеніе и цвѣтокъ своимъ существованіемъ обязаны солнцу.

Но мы не можемъ остановиться на растительной жизни, потому что въ ней заключается посредственный или непосредственный источникъ всей животной жизни. — Растительныя вещества, вступая въ животный организмъ, снова соприкасаются съ кислородомъ и горятъ въ немъ. Въ этомъ именно и заключается источникъ всей животной силы. Силы, играющія главную роль, какъ здѣсь, такъ и въ неорганическомъ мірѣ, однѣ и тѣже. Въ растеніяхъ, такъ сказать, часы заводятся, у животныхъ разводятся; въ растеніяхъ атомы раздѣляются, въ животныхъ—они снова соединяются. И на сколько вѣрно то, что сила, приводящая въ движеніе часовыя стрѣлки, происходитъ отъ руки, которая ихъ заводитъ, по столько вѣрно и то, что всякая сила на землѣ проистекаетъ отъ солнца. За исключеніемъ вулканическихъ изверженій и прилива и отлива, всякое механическое дѣйствіе на земной поверхности,

(*) Mayer «Die organische Bewegung», стр. 39.

каждое проявленіе силы органической или неорганической, жизненной или физической, происходитъ вслѣдствіе вліянія солнца (*).

Моря сохраняются имъ въ жидкомъ состояніи, воздухъ въ газообразномъ и всѣ бури, волнующія обѣ эти стихіи, зависятъ отъ механической силы солнц·. Она собираетъ ледники на горахъ и образуетъ рѣки; слѣдовательно источникъ силы водопадовъ и лавинъ есть тоже солнце. Громъ и молнія суть также его видоизмѣненная сила. Всякій огонь, всякое пламя обязаны своимъ свѣтомъ и теплотою солнцу. Въ наше время, къ несчастію, новости войны сдѣлались дѣломъ обыкновеннымъ, каждый выстрѣлъ и каждый зарядъ есть примѣненіе или, лучше сказать, злоупотребленіе механической силы солнца. Труба звучитъ, ядро летитъ, разрывается бомба — все это вліяніе тойже силы. Это не поэзія, а несомнѣнная истина механики. Солнце производитъ, какъ мы уже замѣтили, растительный міръ, а посредствомъ его и животный. Полевая лилія, мурава луговъ и всѣ животныя — все это его работа. Имъ образуется мускулъ, производится кровь, формируется мозгъ. Быстрыя движенія льва, скачки пантеры, полетъ орла, проворство змѣи—все это отъ него. Оно раждаетъ лѣса и рубитъ ихъ; сила, производящая дерево и управляющая топоромъ, — одна и таже.

Красивая трава и взмахъ косы суть произведенія одной и той же силы. Солнце вырываетъ изъ нашихъ минъ золото, куетъ желѣзо, кипятитъ воду, влачитъ поѣзды по рельсамъ. Оно не только производитъ хлопчатникъ, но и тчетъ ткани. Нѣтъ молота, который бы подымался, колеса которое бы вертѣлось, челнока, который бы плылъ,—безъ содѣйствія солнца. Его сила свободно устремляется въ пространство и, достигая земли, превращается соотвѣтственно существующимъ условіямъ. Здѣсь Протей показываетъ всю силу своихъ чаръ, одно и тоже существо получаетъ милліоны формъ и оттѣнковъ и подъ конецъ превращается въ свое первое, первоначальное, почти безформенное состояніе. Солнце достигаетъ до насъ и удаляется въ видѣ теплоты, и въ промежуткѣ между появленіемъ и удаленіемъ этой силы проявляются всѣ разнообразныя силы земнаго шара, которыя составляютъ спеціальныя формы солнечной силы—формы, которыя она на время принимаетъ, идя отъ своего источника въ безконечность.

(*) Сущность всего сказаннаго здѣсь можно найти въ астрономическихъ очеркахъ Гершеля, изданныхъ въ 1833.

Нынѣшнее состояніе науки съ ея открытіями и обобщеніями составляетъ самую величавую поэму, которая когда-либо представлялась человѣческому уму. Въ наше время естествоиспытатель живетъ среди идей, въ сравненіи съ которыми идеи Мильтона кажутся мелкими. Онѣ такъ величественны и грандіозны, что нужно имѣть извѣстную силу характера, чтобы удержаться отъ заблужденій Взгляните на всѣ силы нашего земнаго шара—громадныя силы каменно-угольныхъ копей, наши вѣтры и рѣки, наши флоты, арміи и пушки. Что они такое? Всѣ они произведены частію солнечной силы, составляющей $\frac{1}{2300000000}$ всей силы солнца. И дѣйствительно земля получаетъ эту ничтожную часть, изъ которой только небольшая частица употребляется на наши механическія силы. Умножая наши земныя силы на милліоны милліоновъ, мы никогда не приблизимся къ силѣ солнца. И не смотря на эту громадную трату силы, мы не въ состояніи открыть хотя малѣйшаго уменьшенія этого запаса въ историческія времена. Громадность этой силы не можетъ быть измѣрена большими земными силами. Но мы можемъ возвыситься надъ этими мѣрами и смотрѣть на солнце, какъ ка пятно въ безпредѣльномъ пространствѣ, какъ на каплю—въ мировомъ океанѣ. Мы можемъ анализировать пространство, въ которое оно погружено, и которое служитъ проводникомъ его силы; мы можетъ переходить къ другимъ системамъ, къ другимъ солнцамъ, изъ которыхъ каждое служитъ источникомъ силы, подобной силѣ нашего солнца, и будемъ всюду открывать тотъ же законъ, который въ этихъ измѣненіяхъ остается вѣчно неизмѣннымъ, въ силу котораго происходятъ перенесенія и измѣненія явленій безъ всякой абсолютной прибыли или убыли силы. Афоризмъ Соломона «нѣтъ ничего новаго подъ солнцемъ», заключая въ себѣ идею этого закона, показываетъ намъ, что подъ его безконечно разнообразными проявленіями всегда скрывается одна и таже сила. Въ природѣ ничто не можетъ ни прибавиться, ни убавиться; сумма ея силъ вѣчно постоянна и все могущество человѣка въ изысканіяхъ законовъ природы, или въ приложеніяхъ физическихъ свѣденій къ практическимъ цѣлямъ состоитъ въ собираніи различныхъ частей этой вѣчно-измѣняющейся среды и въ переходѣ отъ одной силы къ другой. Законъ сохраненія не допускаетъ ни созданія, ни уничтоженія силы. Волны могутъ измѣняться въ рябь и рябь въ волны; пространство можетъ быть выражено числами и наоборотъ; могутъ накопляться астероиды около солнца. Сила солнца можетъ превращаться въ цвѣты и животныя, а эти послѣдніе могутъ разлагаться въ воздухѣ, — все это возможно; но количество силы вѣчно одно и тоже. Въ

продолженія вѣковъ она дѣйствуетъ по тѣмъ же законамъ, и всѣ наши земныя силы, —проявленіе жизни и уничтоженіе ея—суть ничто иное, какъ видоизмѣненія одной и той же самой силы.

ПРИБАВЛЕНІЕ КЪ XII ЛЕКЦІИ.

Здѣсь мы помѣщаемъ, какъ бы въ дополненіе къ динамической теоріи теплоты Мейера, извлеченіе изъ лекціи « О силѣ» читанной въ Королевскомъ Институтѣ и потомъ изданной въ «Proceedings of the Institution» и въ «Philosophical magazine».

О силѣ.

Всѣ мы имѣемъ болѣе или менѣе различныя понятія о силѣ; но вообще намъ извѣстно, что значитъ сила мускуловъ, и каждый изъ насъ, разумѣется, согласится охотнѣе получить боксъ отъ дамы, чѣмъ отъ какого нибудь кулачнаго бойца. Но подобнаго рода идеи насъ мало удовлетворяютъ; намъ бы хотѣлось опредѣлить въ точности механическое значеніе этихъ обоихъ ударовъ. Этимъ мы теперь и займемся.

Если свинцовый шаръ, вѣсящій 1 фунтъ, повѣсить на высотѣ 16 футовъ надъ поломъ и потомъ пустить его, то онъ упадетъ вслѣдствіе собственной тяжести.

Паденіе подобной тяжести съ такой высоты совершается ровно въ одну секунду, и въ моментъ соприкосновенія шара съ землею скорость шара равняется 32 футамъ въ секунду. То есть, если бы въ это мгновеніе земля была удалена, а вмѣстѣ сь нею и притяженіе ея на шаръ, то онъ продолжалъ бы двигаться съ постоянною скорость 32 футовъ въ секунду. Если предположимъ теперь, что тяжесть не падаетъ, а брошена вверхъ, то есть движется по направленію, противоположному силѣ земнаго притяженія, то спрашивается, съ какою скоростью она должна начать свое движеніе отъ земли, чтобы удалиться отъ нея по вертикальному направленію на 16 футовъ—со скоростью 32 футъ въ секунду? Сообщая шару посредствомъ руки, или какого-нибудь механическаго средства, такую скорость, мы заставимъ его подняться именно до той высоты, съ которой онъ упалъ во время перваго опыта.

На подобное подниманіе тяжести можно смотрѣть, какъ на чисто ме-

ханическое дѣйствіе. Какъ бы ни была поднята тяжесть на высоту 16 футовъ, при помощи ли лѣстницы, приставленной къ стѣнѣ, посредствомъ ли блока и шнурка, или же она будетъ просто брошена вверхъ, — во всѣхъ этихъ случаяхъ, сумма дѣйствія, относящагося собственно къ поднятію тяжести, будетъ непремѣнно одна и таже. Абсолютная величина совершеннаго дѣйствія зависитъ исключительно отъ двухъ обстоятельствъ: во первыхъ, отъ величины поднимаемой тяжести, и во вторыхъ отъ высоты, на которую она поднимается.

Если назовемъ количество матеріи или массу шара буквою m, а высоту, до которой она поднимается, чрезъ h, то произведеніе изъ m на h, или mh, будетъ выражать совершенное дѣйствіе. Если теперь вмѣсто скорости равной 32 футамъ въ секунду, мы сообщимъ тяжести скорость, равную 64 футамъ въ секунду, то спрашивается, какъ высоко поднимется тяжесть въ этомъ случаѣ? Можно было бы подумать, что она подымется вдвое выше, чѣмъ прежде. Но это было бы крайне ошибочно. Теорія и опытъ намъ показываютъ, что тяжесть поднимется въ четверо выше чѣмъ прежде или 64 фута. Точно также, если тяжести сообщить скорость въ три раза большую, то она подымется до высоты въ девять разъ большей; если учетверимъ скорость, то она поднимется въ шестнадцать разъ выше. Такимъ образомъ тяжесть брошенная со скоростью 128 футовъ въ секунду, поднимется на высоту 256 футовъ; если же бросить со скоростью въ 7 разъ большею, то она поднимется въ 49 разъ выше, или на высоту 784 футовъ.

Мы видѣли, что совершенная работа, или какъ ее иногда называютъ, механическое дѣйствіе пропорціонально высотѣ. Такъ какъ при двойной скорости высота увеличивается въ четыре раза, при тройной въ девять разъ и т. д. то ясно, что механическое дѣйствіе возрастаетъ пропорціонально квадрату скорости. Если массу тѣла обозначимъ черезъ m, а его скорость черезъ v, то механическое дѣйствіе можно выразить черезъ mv^2. Въ данномъ случаѣ мы предполагали, что на брошенную вверхъ тяжесть дѣйствовала притягательная сила земли, то же самое бываетъ, когда бомба движется въ водѣ, грязи, или какой бы то нибыло сопротивляющейся средѣ. Если напримѣръ мы удвоимъ скорость ядра, то вмѣстѣ съ тѣмъ учетверимъ его механическое дѣйствіе. Отсюда видно, какъ важно увеличеніе скорости выбрасыванія снарядовъ, и намъ становится понятны теорія Армстронга, употреблявшаго на зарядъ 50 фунтовъ пороху при своихъ поразительныхъ опытахъ.

И такъ мѣра механическаго дѣйствія равняется массѣ тѣла, умноженной на квадратъ его скорости.

Очень часто замѣчалось, что послѣ выстрѣла пуля, ударившись о мишень, пріобрѣтала очень высокую температуру. Ферберпъ также замѣтилъ, что пуля, ударясь о мишень, оставляла огненный слѣдъ. Дѣйствительно, нами тоже замѣчено, что свинцовый шаръ, послѣ паденія съ извѣстной высоты, дѣлался горячимъ. Теорія и опытъ приводятъ насъ къ замѣчательному закону, что количество теплоты, произведенное ударомъ пули о мишень, подобно механическому дѣйствію, равняется произведенію изъ массы на квадратъ скорости. Если мы удвоимъ массу, не измѣняя ни чего другаго, то въ то же время мы удвоимъ и количество теплоты; удваивая скорость, неизмѣняя ничего другаго, мы учетверимъ количество теплоты. Такимъ образомъ вмѣсто уничтоженнаго движенія всей массы является теплота.

Проведя смычкомъ по струнѣ, мы услышимъ звукъ. Звукъ этотъ происходитъ въ слѣдствіе сообщеннаго воздуху движенія, для произведенія котораго нужно было употребить часть силы мускуловъ руки. Несколько не ошибаясь, мы можемъ сказать, что механическая сила руки превратилась въ музыку, подобно тому, какъ мы сказали, что движеніе падающей тяжести или движеніе ружейной пули превращается въ теплоту. Измѣняется видъ движенія, но оно все таки продолжается; движеніе массы превращается въ движеніе ея атомовъ, и это незамѣтное движеніе, сообщенное нервамъ, производитъ впечатлѣніе, называемое нами теплотою. Кромѣ этого намъ извѣстно количество теплоты, развиваемой извѣстной величины механическою силою. Такъ, напримѣръ, свинцовая пуля, падая на землю, съ высоты 16 футовъ, производитъ количество теплоты, достаточное для возвышенія температуры ея на $^3/_5{}^0$ *F*. Она достигаетъ земли со скоростію 32 футовъ въ секунду, которая въ сорокъ разъ меньше скорости ружейной пули; умноживъ $^3/_5$ на квадратъ 40, мы найдемъ, что количество теплоты, развиваемое при ударѣ пули о мишень, если бы только вся теплота сосредоточивалась въ пулѣ, возвысило бы ея температуру на 960°— температуру, болѣе чѣмъ достаточную для того, чтобы свинецъ расплавился. Но на самомъ дѣлѣ, теплота раздѣляется между свинцомъ и тѣломъ, о которое онъ ударяется. Очень бы интересно было удостовѣриться, не расплавливается ли въ самомъ дѣлѣ пуля при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ.

Теперь перейдемъ отъ движенія сколько нибудь значительныхъ массъ, происходящаго въ слѣдствіе притяженія земли или другой ка-

кой либо силы, къ изслѣдованію движенія атомовъ въ слѣдствіе химическаго сродства.

Возьмемъ шаръ изъ колодія, наполненный смѣсью хлора съ водородомъ, и привѣсимъ его въ фокусѣ параболическаго зеркала, а въ фокусѣ другаго, отстоящаго отъ перваго на двадцать футовъ, помѣстимъ концы углей электрической лампы; при прохожденіи тока, между углями показывается сильный электрическій свѣтъ; въ моментъ паденія свѣта на шаръ изъ колодія, заключенные въ немъ атомы со взрывомъ соединяются, и въ результатѣ получается хлористоводородная кислота. Хотя сожиганіе древеснаго угля въ кислородѣ принадлежитъ къ старымъ опытамъ, но для насъ онъ представляетъ чрезвычайно интересное явленіе. На это соединеніе атомовъ кислорода и угля, мы смотримъ точно также, какъ на ударъ падающей тяжести о землю, такъ что теплота, происходящая въ обоихъ случаяхъ, зависитъ отъ одинаковой причины. Бриллiантъ, горящій въ кислородѣ и представляющійся намъ въ видѣ звѣзды бѣлаго цвѣта, горитъ именно въ слѣдствіе паденія на него атомовъ кислорода. И если бы мы могли измѣрить скорость движенія атомовъ въ моментъ ихъ столкновенія, а равно определить ихъ число и вѣсъ, то умноживъ вѣсъ каждаго атома на квадратъ его скорости и сложивъ ихъ потомъ всѣ вмѣстѣ, получили бы число, выражающее количество теплоты, происходящее при соединеніи кислорода съ углеродомъ.

Мы уже знаемъ, почему развивается теплота, при столкновеніи значительныхъ массъ и атомовъ: на сообщеніе движенія атомамъ или массамъ истрачивается робота и въ слѣдствіе этого развивается теплота. Но мы ежедневно производимъ обратный процессъ,—истрачиваемъ теплоту и производимъ работу. Посредствомъ теплоты мы подымаемъ тяжесть, и вообще въ теплотѣ заключается для насъ громадный запасъ механической силы. Если сжечь фунтъ угля, то мы получимъ количество теплоты, достаточное на то, чтобы поднять тяжесть въ 100 фунтовъ на высоту двадцати миль. Если бы эта тяжесть упала съ такой высоты, то при удалѣ о землю и при потерѣ ею своей скорости произошло бы количество теплоты, равное количеству, получаемому при сожженіи одного фунта угля. При всякомъ произведеніи дѣйствія посредственномъ теплоты, теплота исчезаетъ. Пушка, выбрасывающая ядро, разгорячается менѣе пушки, изъ которой стрѣляютъ холостымъ зарядомъ. Количество теплоты, сообщаемое паровику во время работы паровой машины, гораздо болѣе того, которое заключается въ парахъ, ви-

ходящихъ изъ рабочаго цилиндра по окончаніи работы. Количество совершеннаго дѣйствія всегда эквивалентно количеству истраченной теплоты. По вычисленіямъ Смита у насъ ежегодно добывается 84 милліона тоннъ каменнаго угля—количество совершенно баснословное. Сожиганіе одного фунта каменнаго угля, совершаемое, положимъ, въ одну минуту, произвело бы работу, равную работѣ трехъ сотъ лошадей. Для произведенія же работы, равной той, которую мы производимъ нашимъ каменнымъ углемъ, потребовалось бы 108 милліоновъ лошадей, которыя бы работали день и ночь съ одинаковою силою. При сравненіи напряженности силы, съ которою соединяются между собою кислородъ и углеродъ, съ силою тяжести мы увидимъ, что химическое сродство почти безконечно велико въ сравненіи съ послѣднею. Мы подвергнемъ тѣло всему дѣйствію, которое можетъ быть произведено на него силою тяжести. Предположимъ, что тѣло находится на такомъ разстояніи отъ земли, что притяженіе земли на него едва чувствительно, и предоставимъ ему падать съ этой высоты на землю; — оно бы достигло земли, пріобрѣтая скорость, равную 36,747 футовъ въ секунду, и при ударѣ о землю произвело бы почти вдвое болѣе теплоты, чѣмъ сколько получилось бы при сожженіи равнаго ему вѣса угля. Намъ уже извѣстно, что свинцовая пуля, падая съ высоты шестнадцати футовъ, нагрѣвается на $^{3}/_{50}$ F, но на тѣло, падающее съ такой большой высоты, какъ въ первомъ примѣрѣ, 1,299,999 изъ 1,300,000 всѣхъ, такъ сказать, толчковъ, которые можетъ сообщить ему притягательная сила земли, уже сообщены ему въ то время, когда тѣло отстоитъ отъ земли только на шестнадцать футовъ; притяженіе, заставляющее тѣло проходить это послѣднее пространство, составляетъ только $\frac{1}{1300000}$ всей силы притяженія земли.

Теперь оставимъ землю, и обратимся къ солнцу. Мы обязаны Гершелю и Пулье опредѣленіемъ годовой траты солнечной теплоты, такъ что теперь легко можно высчитать въ точности количество солнечной теплоты, выпадающее на долю нашей планеты. Изъ 2,300 милліоновъ частей свѣта и теплоты земля получаетъ только одну. Количество теплоты, выдѣляемое солнцемъ въ одну минуту, могло бы вскипятить 12,000 милліоновъ замороженной воды. Какимъ образомъ эта громадная потеря теплоты остается безъ всякихъ видимыхъ послѣдствій для солнца? Гдѣ источникъ солнечной теплоты, и какими средствами онъ поддерживается? Ни горѣніе, ни химическое сродство не въ состояніи произвести нагрѣваніе, сколько нибудь близкое къ нагрѣванію солнеч-

ной поверхности. Кромѣ того, если бы солнце было какое нибудь горящее тѣло, то свѣтъ и теплота его давнымъ давно бы истощились.

Если бы солнце состояло изъ каменнаго угля, то его горѣніе доставило бы количество теплоты, достаточное на 4600 лѣтъ.

Въ это короткое время, оно бы совсѣмъ сгорѣло. Какими же средствами, производится такое нагрѣваніе, и чѣмъ поддерживается постоянная убыль солнечной теплоты? Мы уже наблюдали паденія тѣла съ большой высоты на землю, и нашли, что теплота, происходящая при ударѣ тѣла о землю, вдвое больше той, которая получилась бы при сожженіи массы угля, равной массѣ упавшаго тѣла. Во сколько же разъ больше образовалась бы теплоты отъ паденія тѣла на солнце? Наибольшая скорость, съ которою тѣло можетъ упасть на землю, равняется 7 милямъ въ секунду; при паденіи же его на солнце скорость его можетъ дойти до — 390 миль въ секунду. И такъ какъ теплота, развивающяяся при ударѣ тѣлъ, пропорціональна квадратамъ скоростей ударяющихся тѣлъ, то падающій съ такою скоростію на солнце астероидъ произвелъ бы почти въ 10.000 разъ больше теплоты, чѣмъ сколько получилось бы отъ сожженія массы угля, равной его массѣ.

Но имѣемъ ли мы основаніе думать, что дѣйствительно существуютъ такія тѣла и что они могутъ падать на солнце? Метеоры, сверкающіе въ воздухѣ, на самомъ дѣлѣ суть небольшія планетныя тѣла, которыя, будучи притянуты землею, входятъ въ нашу атмосферу съ планетною скоростью. Въ слѣдствіе тренія о воздухъ, они нагрѣваются до каленія и испускаютъ свѣтъ и теплоту (*). Въ извѣстное время года они появляются въ очень большомъ количествѣ; такъ напримѣръ въ Бостонѣ, въ продолженіи девяти часовъ ихъ было насчитано до 240000. Нѣтъ причины предполагать, что планетная система ограничивается только большими массами; напротивъ, есть много основаній думать, что къ ней принадлежатъ небольшія тѣла, которыя повинуются тому же закону, какъ и большія. Чечевицеобразная оболочка, окружающая солнце, извѣстная у астрономовъ подъ именемъ Зодіакальнаго свѣта, есть, по всѣмъ вѣроятіямъ, множество накопившихся метеоровъ, которые, вращаясь въ сопротивляющейся средѣ, постепенно приближаются къ солнцу. При своемъ паденіи на него, они производятъ солнечную теплоту и возстано-

(*) Этою гипотезою мы обязаны Джаулу, какъ и было сказано въ 1-й лекціи.

вляютъ такимъ образомъ истраченную солнцемъ теплоту. Солнце, въ силу этой теоріи, должно бы постоянно увеличиваться въ объемѣ. Но какъ быстро будетъ происходить это увеличеніе? Если бы луна упала на солнце, то при ея паденіи образовалось бы количество теплоты, которое покрыло бы трату солнца на одинъ или два года; если бы упала наша земля, то развившейся при этомъ теплоты стало бы на сто лѣтъ. Но земля и луна, равномѣрно распредѣленныя на солнечной поверхности, не произвели бы замѣтнаго измѣненія въ его объемѣ. Вообще количество матеріи, необходимое для пополненія убыли солнечной теплоты въ продолженіи всего историческаго періода не могло замѣтно увеличить объема солнца. Скорѣе можно бы было замѣтить увеличеніе солнечнаго притяженія.

Какъ бы эта гипотеза ни была далека отъ того, что дѣйствительно происходитъ въ природѣ, она показываетъ намъ, какимъ образомъ можно объяснить, при помощи извѣстныхъ термодинамическихъ началъ, образованіе и поддерживаніе солнечной теплоты.

Земля проходитъ въ часъ 68,040 миль по своей орбитѣ. Если бы прекратилось это движеніе, то образовавшееся въ слѣдствіе этого количество теплоты было бы достаточно, чтобы возвысить температуру свинцоваго шара такого объема какъ земля до 384,000° С. Было пророчество, что «расплавятся стихіи пламеннымъ огнемъ.» Въ собственномъ движеніи земли заключается условіе исполненія этого пророчества; если прекратится движеніе ея, то большая часть земли превратится въ паръ. Если бы земля упала на солнце, то образовавшееся при этомъ количество теплоты, равнялось бы теплотѣ, которая развилась бы при сожженіи 6,435 массъ каменнаго угля равныхъ землѣ (*).

Превращая воду въ пары, солнце производитъ всю влажность нашего воздуха, она потомъ сгущается и падаетъ въ видѣ дождя, а замерзши—въ видѣ снѣга. Въ этомъ твердомъ состояніи она скопляегся на альпійскихъ высотахъ и доставляетъ матеріалъ для образованія ледниковъ на этихъ горахъ. Но солнце превращаетъ ихъ снова въ воду, которая, вслѣдствіе тяжести, низвергается въ море. Сила паденія каждой рѣки, стремящейся въ море, происходитъ въ слѣдствіе солнечной теплоты. Нѣтъ спускающагося съ горы въ долину ручейка, который бы не былъ

(*) Далѣе о приливѣ и отливѣ я пропускаю, потому что это слово въ слово изложено въ XII лекціи. *А. Ш.*

сперва поднятъ силою солнца на высоту, съ которой онъ течетъ. Сила вѣтровъ зависитъ также отъ этой же силы. Солнечная теплота производитъ еще одно явленіе, связь котораго съ солнцемъ не такъ очевидна. Деревья и растенія произрастаютъ на землѣ, и если сжечь то или другое, то они производятъ теплоту, а слѣдовательно могутъ производить и механическое дѣйствіе. Въ чемъ заключается источникъ этой силы? Окись желѣза происходитъ вслѣдствіе столкновенія атомовъ желѣза и кислорода. Углекислота происходитъ также вслѣдствіе столкновенія частицъ угля и кислорода. Находясь такимъ образомъ въ тѣсномъ соединеніи, эти атомы похожи на кусокъ свинца, лежащій на землѣ. Но я могу поднять свинецъ, и дать ему возможность вторично упасть. Также точно можно удалить атомы одинъ отъ другаго и такимъ образомъ дать имъ возможность повторить процессъ соединенія. При образованіи растеній, они заимствуютъ уголь главнымъ образомъ изъ углекислоты. Этотъ процессъ отдѣленія кислорода отъ углерода происходитъ отъ дѣйствія солнечныхъ лучей. Если они падаютъ на песокъ, то онъ сначала нагрѣвается, а потомъ выдѣляетъ столько теплоты, сколько имъ было поглощено; но когда тѣ же лучи нагрѣваютъ лѣсъ, выдѣляемое имъ количество теплоты будетъ гораздо меньше того, которое онъ получилъ, потому что часть солнечной теплоты при этомъ употребляется на образованіе деревьевъ. Безъ солнца подобный процессъ не имѣлъ бы мѣста, такъ что можно сказать, что молекулярная работа вполнѣ пропорціональна поглощенному количеству солнечныхъ лучей. Такимъ образомъ образуются деревья, хлопчатникъ и др. Я зажигаю клочекъ хлопчатой бумаги; кислородъ тотчасъ соединяется съ углеродомъ, и при сожженіи хлопки выдѣлится столько теплоты, сколько было употреблено солнцемъ на образованіе этого клочка.

Отъ царства растительнаго мы переходимъ къ царству животному, потому что первое посредственно или непосредственно служитъ главнымъ источникомъ жизни животныхъ. Солнце отдѣляетъ углеродъ отъ кислорода; животное питается продуктами растительнаго царства, а въ артеріяхъ животнаго, разъединенные элементы снова соединяются, производя при этомъ животную теплоту. Выражаясь точнѣе, процессъ образованія растенія соотвѣтствуетъ процессу заведенія часовъ; — образованіе же животнаго—разведенію ихъ. Теплота нашего тѣла и каждое движеніе наше находятся въ прямой зависимости отъ солнца; кулачный бой, движенія арміи, поднимапіе собственнаго тѣла на гору, — все это дѣло солнца. Можно положительно сказать, не въ поэтическомъ, а чи-

сто въ механическомъ смыслѣ, что мы дѣти солнца. Безъ пищи наши тѣла тотчасъ бы окислились. У человѣка, который вѣситъ 150 фунтовъ, вѣсъ мускуловъ равняется 64 фунтамъ; если же ихъ высушить, то останется только 15 фунтовъ. Работая, въ продолженіи 80 дней съ обыкновеннымъ усиліемъ, мы бы совершенно окислили всѣ мускулы. Вообще, чѣмъ болѣе движется органъ, тѣмъ скорѣе онъ окисляется: сердце, напримѣръ, могло бы окислится въ продолженіи одной недѣли, если бы его ничѣмъ не поддерживали. Если сравнимъ количество теплоты, происходящее въ слѣдствіе прямаго окисленія даннаго количества пищи, съ количествомъ теплоты, развиваемой этою же пищею въ организмѣ, совершающемъ какую нибудь работу, то замѣтимъ, что въ этомъ послѣднемъ случаѣ теплоты будетъ меньше, и это недостающее количество будетъ эквивалентно механической работѣ, совершенной тѣломъ.

Можно бы было распространиться еще больше относительно этого предмета; но мы боимся утомить вниманіе читателя. Кому же мы обязаны этимъ поразительнымъ обобщеніемъ? Все, что было изложено нами до сихъ поръ, есть плодъ мысли человѣка, имя котораго почти неизвѣстно публикѣ. Все, что приводилось нами касательно этого предмета, заимствовано изъ произведеній одного нѣмецкаго врача Мейера. Безъ всякихъ внѣшнихъ побудительныхъ причинъ, и исполняя свою обязанность городоваго врача, этотъ человѣкъ первый, силою своего ума, возвелъ понятіе о соотношеніи (interaction) силъ природы до положительной ясности. Не смотря на все это, онъ едва извѣстенъ въ ученомъ мірѣ. Въ 1843. г Джаулъ, на основаніи своихъ собственныхъ изслѣдованій и совершенно независимо отъ Мейера, издалъ въ свѣтъ первое свое сочиненіе «О механической силѣ теплоты.» Но Мейеръ еще 1842 году предупредилъ его, опредѣливъ съ рѣдкимъ искусствомъ истинный механическій эквивалентъ теплоты изъ наблюденій надъ скоростью звука въ воздухѣ. Въ 1845 г. онъ издалъ свои мемуары объ «Органическомъ движеніи» и смѣло приложилъ механическую теорію теплоты къ объясненію жизненныхъ процесовъ и другихъ міровыхъ явленій. Въ 1852 году Уатерсонъ предложилъ механическую теорію солнечной теплоты, какъ самостоятельный трудъ, а въ 1854 профессоръ Вильямъ Томсонъ приложилъ математическій анализъ къ дальнѣйшему развитію этой теоріи. Но еще шесть лѣтъ прежде этотъ предметъ былъ великолѣпно развитъ Мейеромъ, и все, что я говорилъ выше, заимствовано изъ его сочиненій. Если взять во вниманіе обстоятельства его жизни и время, когда онъ писалъ, то нельзя не удивляться его

геніальности. Этотъ человѣкъ, въ тишинѣ предававшійся своимъ изслѣдованіямъ, воодушевляемый единственно любовію къ предмету, достигъ до великолѣпнѣйшихъ результатовъ, опередивши при этомъ тѣхъ, жизнь которыхъ была посвящена исключительно естественнымъ наукамъ. Случай, который навелъ его на изслѣдованія этого предмета, было кровопусканіе, сдѣланное одному лихорадочному больному въ Явѣ въ 1840 году.

Онъ замѣтилъ, что кровь у человѣка подъ тропиками была гораздо краснѣе, чѣмъ въ холодныхъ широтахъ. Предаваясь размышленіямъ объ этомъ фактѣ, онъ невольно пришелъ къ разсужденію о соотношеніи силъ природы, и ра вилъ этотъ предметъ съ необыкновеннымъ искуствомъ и успѣхомъ. Что же сталось съ этимъ замѣчательнымъ человѣкомъ? Его утомленный умъ наконецъ поддался, что вполнѣ возможно при постоянной умственной работѣ—и Мейеръ былъ помѣщенъ въ домъ умалишенныхъ. Въ одномъ біографическомъ лексиконѣ утверждають, что онъ тамъ умеръ; но это несправедливо: онъ выздоровѣлъ и теперь занимается воздѣлываніемъ виноградниковъ въ Гейлбронѣ.

Приготовляя уже совсѣмъ эти лекціи къ изданію, мнѣ захотѣлось еще разъ пересмотрѣть все то, что было сдѣлано Мейеромъ относительно этого предмета. Поэтому я обратился съ просьбою о высылкѣ мнѣ его сочиненій къ двумъ ученымъ, занимающимся динамической теоріею теплоты. Одинъ изъ нихъ, исполнивъ мою просьбу, писалъ мнѣ, что едва ли я найду что нибудь важное въ этихъ сочиненіяхъ. Но прочитавши ихъ потомъ, онъ разубѣдился въ своемъ предположеніи, и напротивъ, отзывался о нихъ съ величайшею похвалою. Другой же, а именно профессоръ Вилліамъ Томсонъ, развившій такъ хорошо метеорическую теорію солнечной теплоты, совершенно не зналъ о существованіи «Beiträge zur Dynamik des Himmels» Мейера,—этого сочиненія, полнаго мысли и красоты.

О его трудахъ по части физіологіи отзывался съ большимъ уваженіемъ докторъ физіологъ Карпентеръ. Наши свѣденія объ этомъ человѣкѣ до сихъ поръ отрывочны. Мы собрали ихъ частію отъ врачей, частію отъ физіологовъ. Его заслуги давнымъ давно были бы признаны, если бы онъ избралъ другую методу изданія своихъ сочиненій. Намъ кажется, что излишняя похвала повредитъ ученому человѣку. Но взявши во вниманіе обстоятельства, конецъ поприща и судьбу Мейера, я не дума ю, чтобы меня порицали за желаніе доставить ему то почетное мѣсто въ наукѣ, котораго онъ вполнѣ заслуживаетъ.

Въ заключеніе мы приводимъ заглавія всѣхъ сочиненій этого человѣка, чтобы, прочитавши ихъ, всякій могъ исправить тѣ ошибки, которыя могли быть сдѣланы въ моихъ мнѣніяхъ относительно ихъ автора.

Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur. Liebieg's Annalen, 1842, vol XLII, стр. 231. Die Organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel. Heilbronn, 1845. Bieträge zur Dynamik des Himmels, Heilbronn, 1848. Bemerkungen über das mechanische Equiwalert der Wärme, Heilbronn, 1851 (*).

О теплопрозрачности паровъ воды и новыя изслѣдованія Тиндалля надъ лучистою теплотою.

Опыты Тиндалля надъ поглощеніемъ лучей теплоты парами воды прямо противорѣчатъ изслѣдованіямъ берлинскаго профессора Магнуса, который всегда находилъ, что сухой и влажный воздухъ почти одинаково поглощаютъ лучистую теплоту. Когда два такихъ экспериментатора, какъ Тиндалль и Магнусъ, радикально расходятся въ своихъ мнѣніяхъ объ одномъ и томъ же предметѣ, то, не смотря на всю убѣдительность опытовъ и доводовъ одного изъ нихъ, чтобы постановить окончательное рѣшеніе по этому вопросу слѣдуетъ ожидать новыхъ изслѣдованій. Въ этомъ прибавленіи я изложу въ кратцѣ результаты наблюденій Магнуса и новѣйшихъ изслѣдованій Тиндалля. Магнусъ нашелъ, что всѣ металлы, каменная соль, дерево, кожа и вообще всѣ тѣла скопляютъ на себѣ,

---

(*) За этимъ слѣдуетъ письмо Джаула и отвѣтъ на него Тиндалля. Мы выпускаемъ эти письма, потому что находимъ праздными всякія пренія о первенствѣ открытія. Нѣсколько человѣкъ могутъ различными путями прійти къ одному заключенію. Всякое научное открытіе основано на тѣхъ данныхъ, которыя до того еще были добыты наукою, и естественно, что размышленія надъ этими данными могли привести нѣсколькихъ ученыхъ почти въ одно время и независимо одинъ отъ другаго къ какому нибудь открытію. Черезъ это заслуги каждаго изъ нихъ не уменьшаются. Относительно механической теоріи теплоты можно сказать, что надъ построеніемъ ея работали многіе умы; одни, въ томъ числѣ Мейеръ, разрабатывали ее теоретически, другіе — экспериментальнымъ путемъ, и между послѣдними главное мѣсто безспорно принадлежитъ Джаулу. А. Ш.

въ большемъ или меньшемъ количествѣ, пары воды, содержащіеся въ воздухѣ. Когда на тѣло ударяетъ струя воздуха, содержащаго болѣе паровъ, чѣмъ окружающій воздухъ, то на тѣлѣ осаждаются пары, при чемъ выдѣляется теплота. Такимъ образомъ, когда концы экспериментальнаго цилиндра, который былъ употребляемъ Тиндаллемъ при его изслѣдованіяхъ, были закрыты пластинками изъ каменной соли и въ цилиндръ впускали влажный воздухъ, то на пластинкахъ непремѣнно осаждались пары, они образовывали слой солянаго раствора, непрозрачный для лучей теплоты, и то, что Тиндалль приписывалъ поглощенію паровъ, слѣдуетъ приписать поглощенію раствора соли, покрывающаго пластинки. Но это осажденіе паров., сопровождаясь выдѣленіемъ теплоты, должно нагрѣвать пластинки, и самые опыты Магнуса (Annallen von Poggendorf 1864, № 1 (или Bd. 121), стр. 175 и слѣдующія) показываютъ, что это нагрѣваніе довольно значительно. Слѣдовательно здѣсь дѣйствуютъ двѣ причины противуположно другъ другу: осажденіе паровъ на пластинкахъ, образуя непрозрачный для лучей теплоты слой солянаго раствора, уменьшаетъ притокъ теплоты къ термоэлектрическому столбику со стороны экспериментальнаго цилиндра: съ другой же стороны, теплота, выдѣляющаяся при осажденіи паровъ на пластинкѣ, нагрѣваетъ ее, и такимъ образомъ является новый источникъ теплоты. Все это на столько усложняетъ опытъ, что онъ не можетъ привести насъ къ сколько-нибудь достовѣрнымъ результатамъ.

Казалоль бы, что опыты Тиндалля, въ которыхъ онъ пропускалъ то сухой, то влажный воздухъ черезъ среднюю часть экспериментальнаго цилиндра, концы котораго не были ничѣмъ закрыты, должны бы были рѣшить вопросъ. И они рѣшили бы его, если бы Магнусъ, повѣряя эти опыты, не пришелъ бы къ результатамъ, совершенно противуположнымъ тѣмъ, которые были высказаны Тиндаллемъ. Извѣстно, что при вхожденіи влажнаго воздуха въ экспериментальный цилиндръ Тиндалль всегда замѣчалъ уменьшеніе притока теплоты со стороны экспериментальнаго цилиндра, что зависѣло, по мнѣнію его, отъ поглощенія теплоты парами. У Магнуса же выходило напротивъ, что притокъ теплоты при вхожденіи паровъ въ цилидръ, увеличивается, и онъ приписывалъ это осажденію паровъ на открытомъ концѣ термоэлектрическаго столбика. Многія обстоятельства, замѣченныя Магнусомъ, показываетъ, что такое осажденіе дѣйствительно происходило: движеніе воздуха въ средней части цилиндра распространялось до краевъ его, и пламя, помѣщенное у отверстія цилиндра, начинало колебаться при маневрированіи нагнета-

тельнаго и всасывающаго насосовъ. При этомъ пары могли достигать до поверхности столбика и осѣдали на немъ. Сперва при вхожденіи паровъ термомультипликаторъ показывалъ нагрѣваніе открытаго конца столбика; но когда продолжали пропускать пары черезъ середину цилиндра, то стрѣлка мало по малу приходила въ прежнее положеніе равновѣсія, въ которомъ оставалась пока воздухъ той же влажности былъ пропускаемъ черезъ цилиндръ. Зависѣло это отъ того, что пары осаждались только въ началѣ; потомъ осѣвшіе пары мало по малу принимали температуру окружающаго воздуха, при чемъ токъ уничтожался и стрѣлка приходила въ равновѣсіе. При пропусканіи болѣе влажнаго воздуха пары снова осаждались на столбикѣ, при этомъ снова обнаруживалась теплота, но потомъ вновь осѣвшіе пары принимали температуру воздуха и стрѣлка мультипликатора снова приходила въ равновѣсіе. Когда послѣ этого черезъ цилиндръ пропускали сухой воздухъ, то мультипликаторъ показывалъ осажденіе, зависѣвшее отъ испаренія воды, осѣвшей на столбикѣ; но потомъ, когда вся вода испарялась, стрѣлка мультипликатора снова приходила въ положеніе равновѣсія. Подобныя колебанія стрѣлки термомультипликатора происходили и въ томъ случаѣ, когда черезъ цилиндръ не пропускали лучей теплоты а просто вводили туда сухой, или влажный воздухъ. Какъ объяснить это противорѣчіе между показаніями Магнуса и Тиндалля? Мнѣ кажется, что приборъ, употребленный Магнусомъ, способствовалъ осажденію паровъ на поверхность термоэлектрическаго столбика: длина его экспериментальнаго цилиндра была 0,66 метра, и при этомъ измѣненія воздуха въ средней части цилиндра не могли не распространяться до краевъ его, особенно въ томъ случаѣ, если сгустительной и всасывающій насосъ дѣйствовали не одинаково При подобныхъ же опытахъ экспериментальный цилиндръ у Тиндалля былъ почти вдвое длиннѣе 1,294 м. и отверстія трубокъ, помощію которыхъ перемѣняли воздухъ средней части цилиндра, находились болѣе чѣмъ на три дециметра отъ краевъ цилиндра. Если и здѣсь происходило осажденіе паровъ, то гораздо слабѣе, и оно могло не маскировать поглощенія теплоты парами; къ тому же нужно думать, что пары не могли дойти до столбика такъ скоро, какъ лучи теплоты. Если только это справедливо, то лучистая теплота поглощается парами больше даже, чѣмъ это показано у Тиндалля. Дѣйствительно пертурбаціонныя причины могутъ дѣйствовать только въ противуположномъ смыслѣ, т. е. увеличивать притокъ теплоты къ столбику: будутъ ли пары осаждаться на столбикѣ, или на внутренней поверхности цилиндра, — черезъ это количе-

ство теплоты, падающей на столбикъ, можетъ только увеличиться, по крайней мѣрѣ въ началѣ опыта.

Изъ тѣхъ же опытовъ Магнусъ нашелъ, что пары всѣхъ жидкостей имѣютъ тѣ же свойства осаждаться на тѣлахъ подобно парамъ воды. По этому всѣ выводы Тиндалля относительно дѣйствія паровъ на лучистую теплоту должны быть снова повѣрены. Что же касается до результатовъ Тиндалля относительно величины способностей поглощенія различныхъ газовъ, то опыты Магнуса подтверждаютъ ихъ; здѣсь Магнусъ расходится съ Тиндаллемъ только въ томъ, что сухой воздухъ, кислородъ, водородъ и азотъ, по мнѣнію Магнуса, значительнѣе поглощаютъ лучистую теплоту, чѣмъ это показано у Тиндалля, и что водородъ поглощаетъ ее болѣе другихъ простыхъ газовъ. Все это, какъ я уже сказалъ, не даетъ намъ права постановить по этому вопросу окончательное рѣшеніе впредь до новыхъ изслѣдованій. Повторяя эти опыты слѣдуетъ обратить вниманіе на то, чтобы избѣгнуть осажденія паровъ на столбикѣ. Этого можно достигнуть, употребляя длинный экспериментальный цилиндръ и уравновѣшивая дѣйствія обоихъ насосовъ; еще же лучше, пропуская во время наблюденій струю сухаго воздуха между экспериментальнымъ цилиндромъ и термоэлектрическимъ столбикомъ. Въ такомъ случаѣ пары не могли бы достигнуть до столбика. Конечно нужно было бы уравновѣсить сперва дѣйствіе этой струи сухаго воздуха на столбикъ, чего можно достигнуть, устанавливая источникъ теплоты и нейтрализующій кубъ на извѣстныхъ растояніяхъ.

Въ пользу выводовъ Тиндалля говорятъ еще его новыя изслѣдованія надъ поглощеніемъ лучистой теплоты жидкостями и парами, о которыхъ онъ сообщилъ въ засѣданіи королевскаго общества $^2/_{17}$ марта этого года. Изслѣдованія эти извѣстны мнѣ по коротенькому отчету о нихъ, помѣщенному въ «Reader», и я считаю нужнымъ сообщить читателямъ главные результаты, полученные Тиндаллемъ.

Онъ сравнивалъ способности поглощенія жидкостей и паровъ ихъ, для чего онъ заключалъ ихъ между двумя пластинками изъ каменной соли, между которыми можно было измѣнять растоянія отъ 0,02 до 0,27 дюйма. Источникомъ теплоты служила платиновая проволока, раскаленная проходящимъ черезъ нее электрическимъ токомъ. При этомъ онъ нашелъ, что для теплоты, испускаемой одинаковыми источниками, отношенія между способностями поглощенія различныхъ жидкостей и паровъ ихъ — одинаковы. Если мы построимъ таблицу, въ которой расположимъ жидкости по ихъ способностямъ поглощенія, то эта

же самая таблица укажетъ порядокъ, въ которомъ расположены пары этихъ жидкостей по ихъ способностямъ поглощенія. Тиндалль не замѣтилъ ни одного отступленія отъ этого правила и пришелъ въ заключенію, что намъ будетъ извѣстна способность поглощенія теплоты парами какой нибудь жидкости, когда мы будемъ знать способность поглощенія этой же теплоты жидкостью, отъ которой эти пары произошли, и обратно. Извѣстно, что вода поглощаетъ теплоту болѣе другихъ жидкостей; изъ этого безъ дальнѣйшихъ опытовъ слѣдуетъ заключить, что пары воды сильнѣе поглощаютъ теплоту, чѣмъ пары другихъ жидкостей (читатель не забылъ вѣроятно возраженій Магнуса противъ подобныхъ же выводовъ Тиндалля).

Способности поглощенія теплоты у различныхъ тѣлъ находятся въ тѣсной связи съ ихъ химическимъ составомъ. Здѣсь имѣютъ вліяніе два обстоятельства: число атомовъ, составляющихъ частицу сложнаго тѣла, и число простыхъ тѣлъ, входящихъ въ составъ этой частицы. Такъ частицы двусѣрнистаго водорода состоитъ изъ 3 атомовъ, частица хлороформа—изъ 5, бензола—изъ 12, и ихъ способности поглощать теплоту относятся между собою почти также, какъ эти числа. Каждое изъ этихъ трехъ веществъ состоитъ изъ двухъ простыхъ тѣлъ. Но способность поглощенія теплоты у спирта, частица котораго состоитъ изъ 9 атомовъ, превосходитъ эту способность у бензоля,—потому, вѣроятно, что въ составъ спирта входитъ три простыхъ тѣла. Если всѣ эти выводы справедливы, то химическая формула воды не точна.

Сохраненіе относительныхъ величинъ способностей поглощенія у тѣлъ въ жидкомъ и газообразомъ состояніи показываетъ, что физичеческое состояніе тѣлъ имѣетъ второстепенное вліяніе на эту способность, которая зависитъ отъ частицъ, составляющихъ тѣло, а не отъ связи между частицами.

Теперь не трудно объяснить физическую причину прозрачности и непрозрачности для лучей свѣта и теплоты. Пусть всѣ лучи солнечнаго спектра, соотвѣтствующіе всѣмъ свѣтлымъ и темнымъ частямъ его, падаютъ на тѣло. Мы знаемъ, что лучи отличаются одни отъ другихъ временами, въ которыя совершаются колебанія эѳира, отъ которыхъ зависятъ свѣтъ и теплота. Въ темной части спектра, лежащей около краснаго цвѣта и въ которой замѣчается сильное нагрѣваніе, колебанія совершаются въ болѣе длинные періоды, чѣмъ тѣ, которые соотвѣтствуютъ свѣтлой и особенно химической части спектра. Тѣла состоятъ изъ частичекъ, между которыми дѣйствуютъ молекулярныя силы. Извѣстно,

что струна, данной длины толщины и упругости, можетъ издавать только одинъ звукъ, другими словами, можетъ производить только одного рода колебанія. Такъ точно частицы, подверженныя дѣйствію молекулярныхъ силъ, могутъ совершать только одного рода колебанія, т. е. въ извѣстные періоды. Если между колебаніями эѳира, достигающими тѣла, есть такія, которыя совершаются въ періоды, равные періодамъ колебаній, возможныхъ для матеріальныхъ частицъ тѣла, то эти послѣднія сами начнутъ колебаться. На приведеніе ихъ въ движеніе потратится часть движенія частицъ эѳира, и такимъ образомъ поглотится теплота, зависѣвшая отъ этихъ движеній. Если же до тѣла достигаютъ эѳирныя волны, въ которыхъ неріоды колебаній отличны отъ періода колебаній, возможныхъ для матеріальныхъ частицъ, то эти частицы не прійдутъ въ движеніе, и колебанія эѳира будутъ распространяться только въ эѳирѣ, проникающемъ тѣла. Такимъ образомъ *прозрачность* тѣла для какихъ бы то ни было лучей, есть признакъ *несовпаденія* временъ колебаній, возможныхъ для матеріальныхъ частицъ тѣла, съ временами колебаній эѳира въ падающихъ лучахъ; *непрозрачность* же служитъ признакомъ *совпаденія* этихъ временъ. Частицы безцвѣтныхъ и прозрачныхъ тѣлъ не могутъ совершать колебаній въ періоды, соотвѣтствующіе всѣмъ видимымъ частямъ спектра; поэтому то всѣ эти лучи и пропускаются. Напротивъ вода, стекло и многія другія тѣла не пропускаютъ темныхъ лучей теплоты, потому что колебанія въ періоды, соотвѣтствующія этимъ случамъ, возможны для частицъ этихъ тѣлъ.

Это даетъ возможность изслѣдовать свойства лучей теплоты, испускаемыхъ различными источниками, напр. пламенемъ водорода. По вычисленію Бунзена температура этого пламени равняется 3259° *C*.

Опыты Тиндалля показали, что слой воды, толщиною въ 0,07 дюйма, совершенно задерживаетъ лучи, испускаемые этимъ источникомъ. Сухой воздухъ не поглощаетъ теплоты, испускаемой этимъ источникомъ, между тѣмъ какъ невысушенный поглощаетъ около 20% ея. Изъ этого мы заключаемъ, что частицы раскаленнаго до 3259° *C*. водянаго пара и частицы холодной воды, или холодныхъ паровъ, совершаютъ свои колебанія въ одинаковыя времена, соотвѣтствующія временамъ колебаній въ темныхъ частяхъ спектра. Слѣдовательно высокая температура зависитъ здѣсь отъ величины амплитуды колебаній, а не уменьшенія времени колебаній.

Совпаденіе періодовъ колебаній частицъ одного и того же тѣла при различныхъ температурахъ особенно рѣзко высказывается при наблюде-

ніяхъ надъ углекислотою. Углекислота, при самой малой упругости, значительно поглощаетъ лучи теплоты, испускаемые раскаленною углекислотою откуда слѣдуетъ, что частицы углекислоты при 3000° *C.* (температура горѣнія угля) и при 20° *C.* колеблются одинаково. Замѣчательно еще то, что углекислота есть одинъ изъ самыхъ прозрачныхъ, сложныхъ газовъ для лучей теплоты. По своей способности поглощать теплоту, испускаемую всякими источниками, она значительно уступаетъ маслородному газу. Послѣдній газъ, напр., поглощаетъ вдвое болѣе теплоты, испускаемой пламенемъ водорода, чѣмъ углекислота; но углекислота, при упругости, равной $^1/_{30}$ атмосфернаго давленія, задерживаетъ 50% лучей, испускаемыхъ раскаленною углекислотою, маслородный же газъ, при такой упругости задерживаетъ только 24% этихъ лучей.

Извѣстно, что если въ химической части спектра помѣстимъ листъ бумаги, смоченный сѣрнымъ хининомъ, то эта часть спектра становится видимою. Для этого необходимо, чтобы времена колебанія эѳира въ химическихъ лучахъ увеличились. Всѣ попытки измѣнить времена колебаній въ темныхъ частяхъ спектра, лежащихъ около краснаго цвѣта, такимъ образомъ, чтобы сдѣлать ихъ видимыми, оставались до сихъ безуспѣшными. Для этого нужно уменьшить времена колебаній, и Тиндалль думаетъ, что подобное измѣненіе происходитъ, когда платиновая проволока накаляется до бѣла въ пламени водорода. На это указываетъ слѣдующій опытъ: невысушенный воздухъ поглощаетъ только 6% теплоты, испускаемой пламенемъ водорода, въ которое введена платиновая проволока, между тѣмъ какъ онъ поглощаетъ 20% теплоты, испускаемыхъ тѣмъ же пламенемъ безъ платиновой проволоки. Намъ извѣстно, что вода и пары воды болѣе прозрачны для лучей, сооотвѣтствующихъ короткимъ періодамъ колебаній, и если введеніе платиновой проволоки въ пламя водорода увеличиваетъ способность лучей, испускаемыхъ этимъ пламенемъ, проходить черезъ воду, то это можетъ зависѣть только отъ того, что введеніе платины влечетъ за собою укороченіе періодовъ колебаній.

Всѣ эти изслѣдованія надъ отношеніемъ паровъ къ лучистой теплотѣ показываютъ, какъ велико ихъ значеніе въ экономіи природы. Пары въ высшей степени прозрачные для химическихъ и свѣтлыхъ лучей и пропускаютъ ихъ, почти не поглощая, до земли; лучи же эти способствуютъ и даже необходимы для произбанія растеній. Нагрѣтая земля испускаетъ только темные лучи, которые не пропускаются влажнымъ воздухомъ, окружающимъ землю. Черезъ это холодъ ночей значительно умѣ-

рается. Кромѣ того, охлажденіе земли въ теченіи ночи, производя осажденіе росы на поверхности земли и какъ бы покрывая землю тонкимъ слоемъ воды, сообщаетъ испускаемымъ землею лучамъ колебанія въ періоды, возможные для частицъ воды, и которые поэтому поглощаются парами ея.

Наблюденія надъ теплопрозрачностью другихъ тѣлъ подтверждаетъ только-что высказанныя заключенія относительно теплопрозрачности паровъ воды. Тонкая пластинка бѣлаго стекла пропускаетъ 58% лучей, испускаемыхъ пламенемъ водорода; когда же въ пламя ввести платиновую проволоку, то сквозь ту же пластинку проходитъ 78% лучей. Также точно безцвѣтное стекло болѣе прозрачно для лучей, испускаемыхъ пламенемъ спирта, въ которое введена платиновая спираль, чѣмъ когда этой спирали нѣтъ; на оборотъ черное стекло болѣе прозрачно для лучей, испускаемыхъ пламенемъ спирта, въ которомъ не находится платиновой спирали. Этого и слѣдовало ожидать: черный цвѣтъ стекла зависитъ отъ частичекъ угля, находящихся въ немъ. Уголь, какъ доказалъ Меллони, прозраченъ для темныхъ лучей теплоты, и Тиндалль нашелъ, что слой угля, не пропускающій свѣта самыхъ сильныхъ источниковъ, пропускаетъ отъ 40 до 50% лучей, испускаемыхъ пламенемъ водорода. Продукты горѣнія спирта (углекислота и вода) могутъ совершать почти исключительно колебанія, соотвѣтствующія темнымъ лучамъ и пропускаемыя углемъ.

Желая изслѣдовать вліяніе температуры на прохожденіе лучистой теплоты, нельзя употреблять различныхъ источниковъ теплоты. Для подобныхъ изслѣдованій Тиндалль употреблялъ платиновую проволоку которую онъ нагрѣвалъ помощью электрическихъ токовъ отъ слабаго до бѣлаго каленія.

По мѣрѣ того, какъ платина нагрѣвается, лучи, испускаемые ею, все меньше поглощаются газами, и это означаетъ, что періоды колебаній въ темныхъ лучахъ согласуются съ періодами, возможныхъ для частицъ газовъ, періоды же свѣтлыхъ лучей не согласуются, и потому-то газы прозрачны для свѣтлыхъ лучей. Эти же опыты рѣшили вопросъ, служившій предметомъ спора между Прево и Дезеномъ, съ одной стороны, и Меллони и Кноблаухомъ съ другой. Послѣдніе два ученые думали, что каменная соль не одинаково прозрачна для различнаго рода лучей теплоты, и Тиндалль доказалъ, что это мнѣніе дѣйствительно справедливо: каменная соль лучше пропускаетъ лучи, испускаемые накаленною до бѣла спиралью, чѣмъ лучи, испускаемые тою же спиралью, когда она нагрѣта не до каленія.

Нѣкоторые ученые думали, что лучистая теплота до 100° монохроматична, т. е. всѣ колебанія совершаются въ одинъ и тотъ періодъ; другіе опровергали это мнѣніе. Изъ длиннаго ряда опытовъ Тиндалль убѣдился, что нѣтъ ни одной пары веществъ, которыя видѣляли бы при 100° *C*. одинаковаго рода лучи теплоты; а это можетъ только быть, если они не монохроматичны.

Въ заключеніе своего мемуара Тиндалль говоритъ объ отношеніяхъ между способностями проводить и пропускать теплоту въ однихъ и тѣхъ же тѣлахъ. Въ смыслѣ излагаемой имъ теоріи, лучеиспусканіе зависитъ отъ сообщенія движенія матеріальныхъ атомовъ окружающему ихъ эѳиру; проводимость же теплоты есть сообщеніе движенія отъ одной матеріальной частицы къ другой. Рядомъ разсужденій Тиндалль приходитъ къ заключенію, что лучшіе лучеиспускатели должны быть худшими проводниками теплоты. Выводъ этотъ вполнѣ подтверждается согласіемъ его съ наблюденными фактами. Всѣ органическія вещества очень хорошо испускаютъ и дурно проводятъ теплоту; металлы, наоборотъ, хорошо проводятъ и дурно испускаютъ ее; серебро есть вмѣстѣ лучшій проводникъ и худшій лучеиспускатель теплоты. Вода проводитъ теплоту хуже другихъ жидкостей и лучше другихъ испускаетъ ее. Только простые газы отступаютъ отъ этого правила: они дурно проводятъ и дурно испускаютъ теплоту.

А. Ш.